

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**

**OBOR: TEXTILNÍ MATERIÁLY A ZKUŠEBNICTVÍ**

**Vlastnosti materiálů pro výrobu umělé trávy**

**Properties of materials for the manufacture  
of artificial grass**

**JOSEF HŮLKA**

**KTM-578**

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jiří Militký, CSc.

Počet:

Stran	slov	grafů	obrázku	tabulek
52	6894	27	42	1

V Liberci dne: 19. prosince 2011

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**Fakulta textilní**

Akademický rok: 2010/11

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Jméno a příjmení: **Josefa Hůlku**  
Osobní číslo: **T09000552**  
Studijní program: **B3107 Textilní inženýrství**  
Studijní obor: **Textilní materiály a zkušebnictví**  
Název tématu: **Vlastnosti materiálů pro výrobu umělé trávy**  
Zadávací katedra: **Katedra textilních materiálů**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje toto zadání diplomové práce:

### **Zásady pro vypracování**

1. Na základě dostupné literatury zpracujte rešerši dosavadních poznatků o vláknech používaných pro konstrukci umělé trávy, jejich vlastnostech.
2. Na dvou typech materiálu změřte vybrané mechanické charakteristiky.
3. Porovnejte výsledky s požadavky kladenými obecně na umělé travníky.

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 45

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. Militký J.: Textilní vlákna a speciální textilní vlákna. Učební text. TUL Liberec. Liberec 2005
2. Lizák P., Militký J.: Technické textilie. Ružomberok

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Jiří Militký, CSc.**

Katedra textilních materiálů

Datum zadání bakalářské práce: 25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 21. prosince 2011

L.S.

Prof. Ing. Jiří Militký, CSc.

Vedoucí katedry

Prof. Ing. Aleš Linka, CSc.

Děkan

V Liberci dne 29. Října 2011

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že předložená *bakalářská* práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *bakalářské* práce v Univerzitní knihovně TUL. Byl jsem seznámen s tím, že na mou *bakalářskou* práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé *bakalářské* práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé *bakalářské* práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své *bakalářské* práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne: 19. prosince 2011

Podpis

### **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi s psaním mé bakalářské práce pomáhali. Velice děkuji vedoucímu bakalářské práce panu prof. Ing. Jiřímu Militkému, CSc. a panu Ing. Vladimíru Kovačičovi za výbornou spolupráci, pozornost a za poskytnutí cenných informací, bez kterých bych nebyl schopen tuto práci sepsat.

Dále děkuji Petrovi Orságovi z firmy JUTA a.s., za poskytnutí důležitých informací a materiálů.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá umělým trávnikem. Nejdříve je zpracován literární průzkum dosavadních poznatků v oblasti umělého trávniku. Literární průzkum popisuje výrobu umělého trávniku, typy vláken, typy trávníků, zkoušení a instalaci trávniku. Experimentální část bakalářské práce se zabývá mechanickými vlastnostmi (přetrhem jednotlivých vláken i celého svazku a ohybem svazku). Jeden typ vláken je od firmy JUTA a druhý od firmy LANEX. Na závěr je napsáno vyhodnocení výsledků a určení, který umělý trávník má lepší mechanická vlastnosti a tím je vhodnější na různé aplikace.

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with an issue of an artificial grass. At first the research of present knowledge in the field of the production of an artificial grass is elaborated. The literary survey describes a production of an artificial turf, gives information about the types of fibers and grasses, testing and an installation of grasses. The practical part of the thesis is concerned with the mechanical properties (breaking either single fibers or the whole fascicle and bending of the fascicle). The first type of examined fibers are made by JUTA firm, the second type is made by LANEX firm. In conclusion, the results are evaluated and it is summarized what artificial turf has got better mechanical properties and so that is more suitable for different kinds of use.

## Klíčová slova

umělá tráva, monofil, fibrilovaný pásek, vlákna, ohyb, pevnost v tahu

## Key words

artificial grass, monofil, fibrillated tape, fiber, bend, tensile strength

## Seznam použitých zkratk a symbolů

UT - umělá tráva

PP - polypropylén

PE - polyethylén

PVC - polyvinylchlorid

EPDM – syntetický kaučuk

SRB - styren-butadienový kaučuk

UV – ultrafialový

T – jemnost [tex]

V – výška vlasu [mm]

Bo – tuhost v ohybu [ $\text{Nm}^2$ ]

E – modul pružnosti [MPa]

I – plošný moment setrvačnosti [ $\text{m}^4$ ]

<b>1Úvod.....</b>	<b>9</b>
1.1Historie.....	10
<b>2Literární průzkum.....</b>	<b>10</b>
1.2 Informace o umělé trávě .....	10
1.3Historie JUTA a.s.....	11
1.4Materiály výplně.....	12
1.5Zpracováváný materiál.....	13
1.6Výroba vláken trávníků.....	14
1.7Všívání.....	18
1.8Ukotvení vlasů (zátěr).....	19
1.9Typy vláken.....	19

1.10Teoretický výpočet tuhosti v ohybu .....	20
1.11Teoretický výpočet tuhosti v ohybu.....	20
1.12Instalace a řez podloží.....	21
1.13Testování – garance kvality.....	22
1.14Testování opotřebení.....	23
1.15Opotřebení a očekávaná životnost.....	24
1.16Typy trávniku.....	25
1.17Využití umělého trávniku.....	27
<b>3Experimentální část.....</b>	<b>28</b>
1.18Průřezy vláken.....	29
1.19Měření ohybové tuhosti na TH5.....	30
1.20Trhání vzorků na dynamometru .....	31
1.21Měření pevností.....	36
<b>4Výsledky a diskuse.....</b>	<b>35</b>
1.22Naměřené ohybové hodnoty.....	47
1.23Souhrn.....	53
<b>5Závěr.....</b>	<b>54</b>
<b>6Použitá literatura.....</b>	<b>54</b>
<b>Příloha.....</b>	<b>55</b>

## **OBSAH**



## **1 ÚVOD**

Od dávných dob se setkáváme s trávnikem hlavně v přírodě. Po jeho vyšlechtění a zkvalitnění se využívá i na plochách určeným ke sportovním účelům. Jeho kvalita závisí na mnoha okolnostech. Těmi jsou klimatické podmínky, kvalita podloží a především druh zeminy. Trávník se musí udržovat, to znamená pravidelně sekat, hnojit, zalévat, rekultivovat a pravidelně dosévat.

Vědci přemýšleli nad tím, jak vytvořit trávník, který by byl skoro stejný jako přírodní trávník. Vynalezli umělý trávník ze syntetických vláken. Z hlediska údržbáře (správce) se umělý trávník oproti přírodnímu nemusí sekat, zalévat, hnojit, rekultivovat, lajnovat atd. Náklady na údržbu umělého trávniku jsou oproti přírodnímu trávniku nízké. Údržbou umělého trávniku je sbírání odpadu, dosypávání křemičitého písku a gumového granulátu. Jednou ročně se musí trávník speciálně kartáčovat, ale to provádí specializovaná firma.

Umělý trávník je budoucností profesionálních, tréninkových ale i rekreačních hřišť. Umělý trávník se dá mimo jiné také použít na úpravy okolí – na balkony, terasy, okolí budov nebo bazénů...

V bakalářské práci pracuji s dvěma typy vláken umělého trávniku od firem JUTA a LANEX. Vlákno JUTA má obdélníkový profil. Vlas tvoří 8 vláken a pro lepší vsívání je

ovinut PE nití. Vlákná od LANEXU mají elipsovité profily a vlas tvoří 7 vláken. Pro lepší všívání je vlas opatřen ochranným zákrutem 35 z/m.

Úkolem bakalářské práce je zjistit maximální pevnosti jednoho vlákna i celého svazku vlasů. Dále jsou vlákna testována na ohyb vlasu.

## **2 LITERÁRNÍ PRŮZKUM**

### **1.1 Historie**

Jedna z prvních informací o umělém trávníku sahá do šedesátých let 19. století, kdy se David Chaney přistěhoval do Raleigh v Severní Karolíně. Zde působil jako děkan na textilní univerzitě. Na této univerzitě vedl výzkumný tým, který vytvořil první umělý trávník.

Pro nedostatečnou kvalitu byl v roce 1966 na stadiónu Astrodome v Hustonu, Texasu vyměněn přírodní trávník za umělý trávník Astro Turf. Tento umělý trávník byl vyvinut týmem výzkumníků Davida Chaneyho. Použití Astro Turf a podobných povrchů se staly rozšířenými jak v USA tak i Kanadě v roce 1970. Umělá tráva se instalovala na kryté ale i venkovní stadióny využívané především na baseball a fotbal.

Výroba umělého trávníku se do dnešní doby hodně rozšířila a začala se dělit především na generace. První trávníky byly první generace, v dnešní době je na trhu nejnovější trávník páté generace. Do budoucna se dá očekávat, že vývoj bude pokračovat dalšími generacemi [10].

### **1.2 Informace o umělé trávě**

Vlas trávníku tvoří fibrilovaný pásek nebo monofil. Umělý trávník se vyrábí nejčastěji v barvě zelené a červenohnědé (cihlové). Dalšími barvami ve kterých se umělý trávník vyrábí jsou bílá, modrá, žlutá. Tyto barvy se používají především dle sportu na sportovní aplikace (lajny). Lajny (obr. 1) mohou být vsity přímo u výrobce nebo se pokládají až přímo na místě. Lajny jsou ze stejného materiálu jako umělý trávník.



Obr. 1 Barevné lajny

Umělá tráva představuje ideální řešení sportovního povrchu např. pro fotbalové stadiony, multifunkční hřiště, školní hřiště nebo tenisové kurty. Umělý trávník tvoří povrch, který je vodopropustný a do kterého se zapravuje vsyp tvořený křemičitým pískem, EPDM nebo SBR granulátem, umožňující skluz hráče. Umělý trávník se skládá z nosné pogumované polypropylénové tkaniny s vetknutým umělým vláknem, které je UV stabilní. Propustnost vody v dostatečné míře zajišťují drenážní otvory.

Na hotovém umělém trávníku se měří počet trsů na 10 cm délky umělého trávníku a výška vlasu. To je celková výška vlasu naměřená od podkladové textilie k vrcholu vlákna [3].

### **1.3 Historie JUTA a.s.**

JUTA a.s. byla založen jako národní podnik v roce 1946 (obr. 2a). JUTA a.s. působí tedy na českém trhu více jak 40 let. JUTA a.s. vyráběla obalové materiály, nyní je významným českým výrobcem v oblasti zpracování polyolefinů.

Tato firma má více jak 2000 zaměstnanců. JUTA a.s. s ročním obratem 4 mld. Kč se řadí k největším evropským výrobcům v oblasti tohoto průmyslu. Více jak 75% produkce se vyváží do celého světa.

Projekt na výrobu umělého trávníku vznikl v roce 2005. V roce 2007 byl spuštěn zkušební provoz a ten trval do roku 2008, kdy JUTA a.s. (obr.2b) vstoupila na obchodní trh se svým novým produktem a tím byl umělý trávník JUTAgass [3].



Obr. 2a JUTA a.s. (starý podnik)



Obr. 2b JUTA a.s. (nový podnik)

#### **1.4 Materiály výplně**

Výplň umělého trávníku zajišťuje nehybnost a stabilitu umělého trávníku.

##### **Základní výplně:**

- písková výplň (křemičitý písek)
- syntetický kaučuk (EPDM) nebo styren-butadienový kaučuk (SBR granulát)

##### **EPDM nebo SBR granulát**

Pro systém umělých trávníků jsou na trhu dva typy granulátu. Nejpoužívanější je syntetický kaučuk (EPDM) nebo styren-butadienový kaučuk (SBR).

EPDM je druh syntetického kaučuku. Je to druh elastomeru, který se vyznačuje širokou škálou použití. E odkazuje na etylén, P na Propylen, D je dién – hydrokarbon, který obsahuje dvě dvojité vazby mezi karbonovými atomy a M se odkazuje na jeho zařazení do normy ASTM [11].

Styren-Butadien nebo Styren-Butadienová guma (SBR), je syntetická guma kopolymer. Má dobrou obrušovací odolnost a dobrou stárnoucí stabilitu, když je chráněna přísadami. Používá se i u automobilových pneumatik. Kde může být smíchán s přírodní gumou [12].

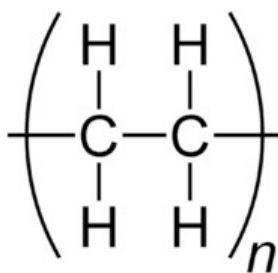
##### **Písková výplň**

Písek používaný pro výplň umělého trávníku musí splňovat řadu požadavků, proto není možné použít jakýkoli písek. Přímý vliv na štěpení vláken trávníku má okrouhlost zrn a je také nejdůležitějším znakem. Pokud mají částice písku ostré hrany, mohou se do vláken zařezávat a způsobují mechanické poškození.

Dále nesmí písek obsahovat příliš mnoho křídý. Ta má za následek zhutnění umělých trávníků a také zvýšenou prašnost. Navíc nadměrný obsah křídý kalí zabarvení hřiště [3].

### 1.5 Zpracováváný materiál

Polyethylen (PE) je termoplast, který vzniká polymerací etenu (etylenu). Lze využít polymerace za nízkého tlaku (vznikne polymer s lineárním řetězcem) nebo za vysokého tlaku (vznikne polymer s rozvětveným řetězcem). Při výrobě lze využít vstřikování a vytlačování [5].



Obr. 3 Strukturní vzorec polyethylenu (PE)

PE je znám již od roku 1935, ale až do roku 1953 byl málo rozšířen, protože se do té doby vyráběl jen obtížnou polymerací za vysokého tlaku. Vylepšením technologie se polyetylén stal snad nejrozšířenějším plastem po PVC.

PE se dá snadno upravovat například ozářením (kdy dochází k síťování), chlorováním (plast změkne, zohební), chlorsulfováním (PE se chloruje v přítomnosti oxidu siřičitého). Takto upravený je lepivý, podobný kaučuku. Ten se může dále upravovat a dokonce vulkanizovat vodou. Vyrábějí se z něho materiály odolné kyselinám a žáru atd. Každá z těchto úprav mění zásadním způsobem vlastnosti PE [5].

#### **Charakteristické vlastnosti:**

- dobrá svařitelnost
- odolnost vůči kyselinám a alkáliím
- dobrý elektrický izolant
- nízká hustota a vysoká houževnatost

- hydrofobnost
- fyziologická nezávadnost

**Použití:**

- kompozitní materiály
- pěnová izolace
- potrubí a vodní nádrže
- zdravotnické pomůcky

<i><b>Fyzikální a chemické vlastnosti látky</b></i>	<i><b>Polyetylen</b></i>
<i>skupenství při 20°C</i>	<i>pevná látka</i>
<i>Zápach</i>	<i>bez zápachu</i>
<i>hustota kg/m<sup>3</sup></i>	<i>940-963</i>
<i>rozpustnost ve vodě při 20°C [g.l<sup>-2</sup>]</i>	<i>Nerozpustný</i>
<i>teplota vzplanutí [°C]</i>	<i>370</i>
<i>bod tání [°C]</i>	<i>130</i>
<i>možné trvale používat do[°C] (bez mechanického namáhání)</i>	<i>70</i>
<i>teplota skelného přechodu [°C]</i>	<i>-30</i>
<i>teplota měknutí podle Vicata [°C]</i>	<i>110</i>
<i>teplota tání krystalických podílů [°C]</i>	<i>120-135</i>
<i>spalné teplo [MJ.kg<sup>-1</sup>]</i>	<i>45-46</i>

Tab. 1 – fyzikální a chemické vlastnosti polyetyleny [5]

### **Barva umělého trávníku**

Barva umělého trávníku vzniká na začátku výrobního procesu při tavení termoplastu, kdy se přidává barvivo s chemickými stabilizátory pro získání příslušného odstínu trávníku [3].

### **1.6 Výroba vláken trávníků**

Výroba monofilů a fibrilovaného pásu se liší konstrukcí extruzní linky. Extruzní linka Bamag s kruhovou vytlačovací hlavou, slouží k výrobě PE monofilů. Sima je extruzní linka s plochou vytlačovací hlavou, slouží k výrobě PE fólie...

## **Pracovní postup extruzní linky Bamag**

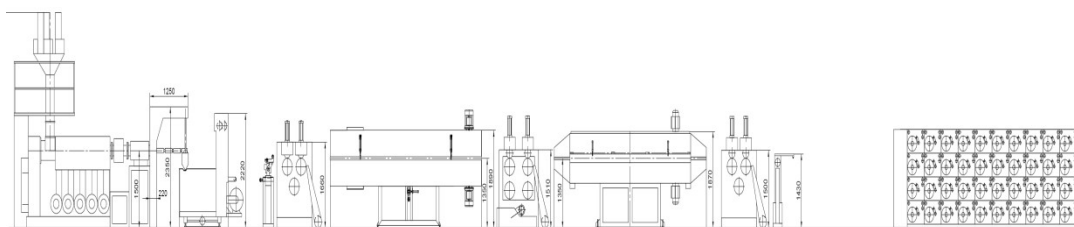
### **A - Základní údaje o stroji**

Extruzní linka Bamag s kruhovou vytlačovací hlavou (obr. 4), slouží k výrobě PE monofilů, které se po výstupu z kruhové extruzní hlavy (teplota taveniny cca 220°C) chladí ve vodní lázni. Jednotlivé monofily se dále separují a zbavují vody. Dále se pak takto vyrobené monofily dluží v tepelné komoře, stabilizují a sráží ve srážecí tepelné komoře. Následně jsou monofily za posledními odtahovými válci preparovány aviváží a dále je obsluha pomocí vzduchové pistole navádí na soukací hlavy. Navíjení probíhá na cívky s čely.

Vyrobené dlužené monofily mají dobrou textilní zpracovatelnost a vysokou tažnost. Provozní rychlost dlužících válců se pohybuje od 40 do 180 m/min., podle jemnosti monofilů. Na obr. 5 je schéma extruzní linky Bamag [6].



Obr. 4 Kruhová vytlačovací hlava (pro monofily)



Obr. 5 Schéma extruzní linky

### **B - Výroba monofilů**

Výroba PE monofilamentů má čtyři fáze: tavení polymerního granulátu, formování monofilů, chlazení ve vodní lázni a odtah.

### **C - Tavení polymerního granulátu**

Materiál v podobě granulí je dopravován pneumaticky do násypky. Tavení polymeru se provádí na šnekovém vytlačovacím stroji (extrudér), který má na konci kruhovou vytlačovací hlavu. Extrudér má za úkol tuhý granulovaný polymer roztavit, homogenizovat, dopravovat a vytlačovat v roztaveném stavu vytlačovací hlavou, která určuje formu vytlačovaného polymeru. Závity na šneku mají určitou geometrii, která je charakteristická pro různé polymery a vyhovuje požadavku, aby se polymer i při vysokých otáčkách dobře natavil, homogenizoval, aniž by se přehříval a přitom degradoval. Dynamika vytlačovacího procesu je určena: geometrií šneku a hlavy.

### **D - Formování monofilů**

Pro monofily se používá kruhová vytlačovací hlava. Hlavu tvoří 160 štěrbin, které určují tloušťku monofilů.

### **E - Chlazení monofilů ve vodní lázni**

Monofily se musí po vytlačení z hlavy ochlazovat ve vodní lázni, aby se vytvořila z taveniny pevná fáze. Je to významný technologický úsek ve výrobě, protože způsob a rychlost chlazení ovlivňuje mikrostrukturu, a tím také fyzikální vlastnosti. Monofily se musí po výstupu z lázně zbavit zbytků vody odsáváním, aby se zabránilo praskání monofilů při dloužení v dloužící peci.

### **F - Dloužení monofilů**

Monofily jsou dlouženy na systému jednostranně uchycených válců, jejichž obvodová rychlost je asi 30 - 40 m/min. Tyto jednostranně uložené válce, zvané též galety, tvoří vlastní vstupní část dloužícího systému. Uspořádány jsou ve dvou rovinách za sebou tak, aby monofily byly opásány kolem nich po velkém obvodu.

### **G - Tepelná stabilizace**

Tepelná stabilizace je nejdůležitější fází celé výroby. Vlákna se stabilizují ve výrobních linkách v horkovzdušných pecích, kde se monofily vedou v jedné rovině uzavřenou komorou s cirkulací horkého vzduchu o teplotě 90 -110 °C.

### **H - Navíjení**

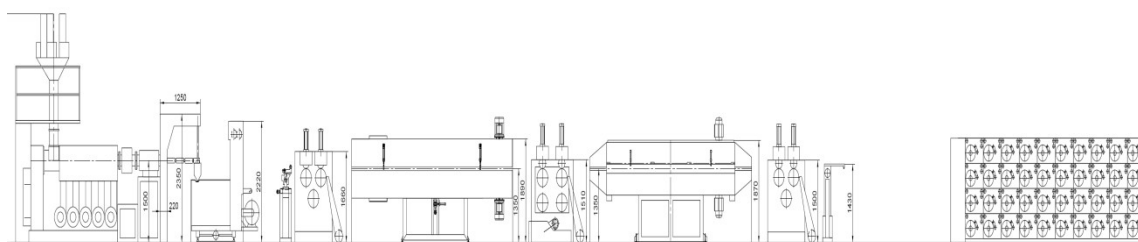


Monofily je potřeba navinout na cívky s čelem pomocí soukacích hlav umístěných ve dvou řadách nad sebou. Zpravidla má každé vřeteno svůj pohon s vlastní regulací navíjení. Monofily jsou navíjeny s napětím, které je nastavitelné. Pro dobrou kvalitu cívek je důležité, aby navíjení probíhalo za konstantního napětí [6].

## **Pracovní postup extruzní linky Sima**

### **A - Základní údaje o stroji**

Extruzní linka Sima s plochou vytlačovací hlavou, slouží k výrobě PE fólie, která se po výstupu z ploché extruzní hlavy chladí ve vodní lázni a dále rozřezává žiletkovým polem na pásy o předem dané tloušťce. Tyto pásy se dlouží v tepelné komoře, stabilizací se na dlužící stolici a dále jsou za posledními odtahovými válci pomocí vzduchové pistole naváděny na soukací hlavy. Navíjení probíhá na cívky s čely. Vyrobené dloužené pásy mají dobrou textilní zpracovatelnost a vysokou tažnost. Provozní rychlost dlužících válců se pohybuje od 40 do 180 m/min, podle jemnosti pásu. Na obr. 6 je schéma extruzní linky Sima [6].



Obr. 6 Schéma extruzní linky

### **B - Výroba fólie na PE pásy**

Výroba fólie na PE pásy má pět fází: tavení polymerního granulátu, formování fólie, chlazení fólie ve vodní lázni, odtahování fólie a řezání fólie na pásy.

### **C - Tavení polymerního granulátu**

Materiál v podobě granulí je dopravován pneumaticky do násypky. Tavení polymeru se provádí na šnekovém vytlačovacím stroji (extrudér), který má na konci plochou vytlačovací hlavu.

### **D - Formování fólie**

Pro plochou fólii se používá hlava s podélnou velmi úzkou šterbinou, která směřuje kolmo dolů. Šterbinu tvoří tzv. čelisti a vzdálenost mezi oběma čelistmi určuje světlost

štěrbiny a současně tloušťku nedloužené fólie. Pomocí šroubů lze tedy seřizovat světlost štěrbiny vytlačovací hlavy tak, aby vytlačovaná fólie měla stejnoměrnou tloušťku. Stejnoměrný tok taveniny do celé šíře vytlačovací štěrbiny zajišťuje uvnitř hlavy rozdělovací kanál a brzdící můstek.

#### **E - Chlazení fólie ve vodní lázni, dloužení a odtahování fólie**

Je stejné jako na extruzní lince Bamag.

#### **F - Řezání fólie na pásy**

Při výrobě pásků z ploché fólie je vždy třeba odřezávat tlustější okraje. Plochá fólie se rozřezává na pásy různě široké podle potřebné jemnosti, kterou zadává předák linky dle technologického předpisu. Řezacím nástrojem jsou průmyslové žiletky o tloušťce 0,1 mm, které jsou na řezací liště nastaveny na žádanou šířku pomocí distančních destiček. Pro hladký řez je nutné, aby žiletky byly dostatečně ostré a fólie byla dostatečně napnutá, jinak dochází ke třepení pásků a k problémům při dloužení.

#### **G - Tepelná stabilizace a navíjení**

Je stejná jako na extruzní lince Bamag [6].

### **1.7 Všívání**

Při všívání (tufting) jsou do polypropylenových pláten (obr. 7) všívána očka fibrilované pásy nebo monofilů. Před všíváním se fibrilovaná páska musí zakroutit na 1 m je 35 zákrutů. U monofilů, který je tvořen 4 nebo 8 vlákeny se omotá nití (pro lepší všívání do pláten). Následuje rozřezání oček příze malými noži.



Obr. 7 Všívací stroje

### **1.8 Ukotvení vlasů (zátěr)**

Další operací v postupu je fáze ukotvení vlasů zátěrem styren – butadienovým latexem (obr. 8), který je nanášen na rubovou část trávniku. Předposlední fází je průchod koberce přes vyhřívané trnové válce, které dělají do trávniku díry. Tyto díry slouží k odtoku vody. Poslední fází je optická kontrola trávniku a následné srolování do rolí [3].



Obr. 8 Zátěrová linka

### **1.9 Typy vláken**

Typy vláken se liší nejen profilem a jemností. Nejvíce rozšířený je obdélníkový profil. JUTA a.s. vyrábí pouze obdélníkový profil a profil elipsy (čočkovitý profil). Zahraniční firmy vyrábějí i jiné průřezy vláken ve tvaru (U profilu, U profilu se zesíleným středem a profilu ve tvaru S). Každý průřez má své vlastnosti a tak se od sebe liší... Zabýval jsem se typy vláken JUTY.



Obr. 9a Obdélníkový profil



Obr. 9b Elipsovitý profil (čočkovitý profil)



Obr. 9c U profil



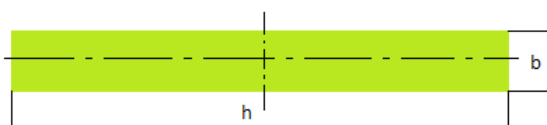
Obr. 9d U profil (s zesíleným středem)



Obr. 9e S profil

### 1.10 Teoretický výpočet tuhosti

#### v ohybu



$$B_o = E \cdot I$$

$B_o$  – tuhost v ohybu

$E$  – počáteční modul

$I$  – plošný moment setrvačnosti

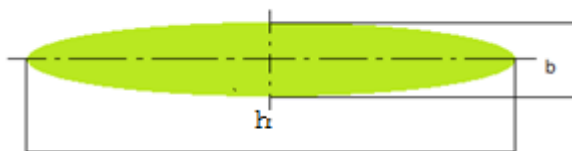
$b$  – tloušťka pásku

$h$  – výška pásku

### 1.11 Teoretický výpočet tuhosti

#### v ohybu

$$B_o = E \cdot I$$



$B_o$  – tuhost v ohybu

$E$  – počáteční modul

$I$  – plošný moment setrvačnosti

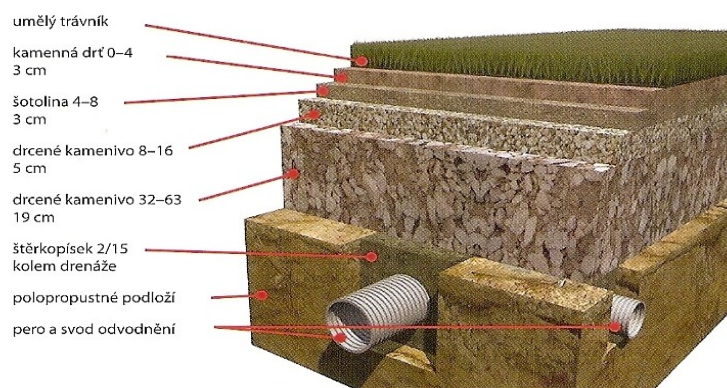
$h$  – délka hlavní poloosy

$b$  – délka vedlejší poloosy

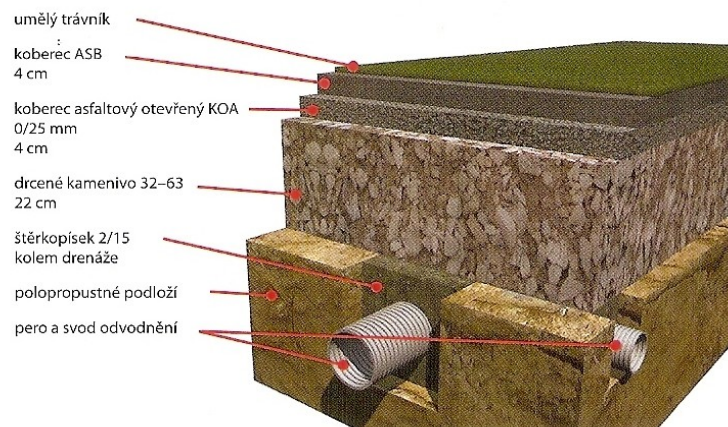
### 1.12 Instalace a řez podloží

Umělý trávník lze pokládat na stávající betonové nebo asfaltové plochy (obr. 10a,b). Tyto plochy se musejí zbavit ostrých hran, čím lepší podklad tím lepší výsledky. Po této úpravě se trávník podkládá pružnou podložkou a musí být zaručen minimální spád pro odvod vody, pokud jsou využívány ke sportovním účelům.

Pokládka povrchu začíná upravením stávajícího terénu. Pokládá se na vodopropustné podloží. To znamená vybudování drenážního systému a podložní vrstvy zdrceného kameniva. Vrchní podložní vrstva ve výšce 20 - 30 mm je z jemnozrnného kameniva o velikosti zrna až 2 mm. Tato vrstva se musí smíchat s malým množstvím cementu a následně zaválcovat nebo upěchovat vibrační deskou. Jako poslední vrstva se doporučuje separační a drenážní rohož PETEXDREN (drenážní polyethylenová rohož), pak už následuje samotná pokládka umělého trávníku.



Obr. 10a: Řez – pokládka na štěrkové podloží



Obr. 10b: Řez – pokládka na asfaltové podloží

Koberce umělého trávníku se dodávají v rolích. Umělý trávník dodávaný na sportovní povrch je dodáván s tzv. pokládacím plánem. Tento plán určuje přesné pokládání rolí [3].

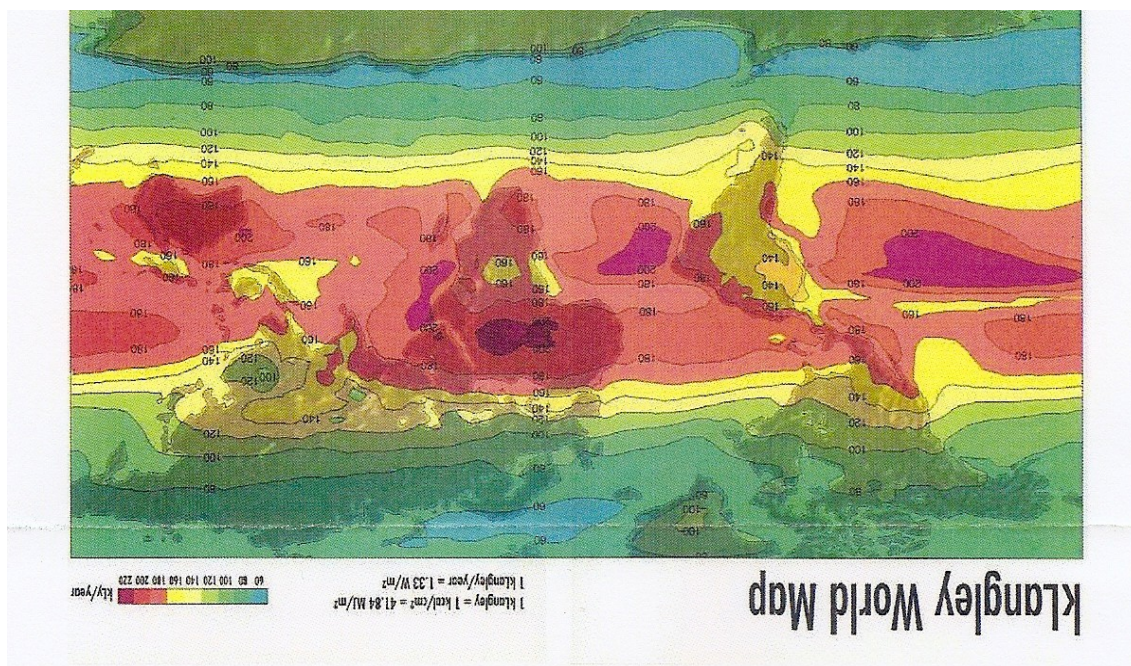
### **1.13 Testování – garance kvality**

Kvalita je nedílnou součástí umělého trávníku, proto se provádí kontrola (vstupní, mezioperační i výstupní). Zjišťují se chemické, termické, mechanicko-fyzikální a optické vlastnosti materiálu.

Umělý trávník se zkouší na stabilitu a odolnost proti UV záření (na testovacím zařízení QUV/Spray). Pevnost v přetruhu a tažnost se stanovuje na strojích pro tahové zkoušky. Ke zjišťování odolnosti v oděru slouží zkušební zařízení tzv. LISPORT. Sluneční záření se stanovuje v místě, kde je umělý trávník instalován pomocí světových klimatických map (Obr. 11) [3].

Ukazatelem je -  $1\text{ kLy} / \text{year} = 1,33 \text{ W} / \text{m}^2$





Obr. 11 Světová klimatická mapa [3]

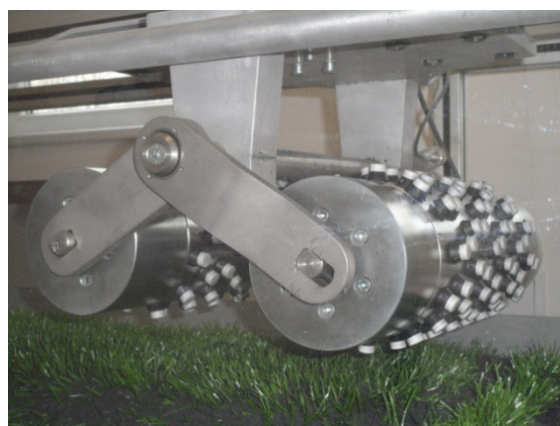
#### 1.14 Testování opotřebení

JUTA a.s. testuje opotřebení na testovací lince (obr. 12a). Tato linka má dvě části: pracovní stůl a pracovní ústrojí. Pracovní ústrojí je pohyblivé a jeho hlavní částí jsou dva točící válce poseté špunty (obr. 12b). Testování vzorků bylo provedeno ve zkušebně JUTA a.s.

Na pracovní stůl se položí koberec umělého trávníku, zasype se pískovou náplní a SRB granulátem. Pracovní ústrojí přejíždí za strany na stranu celkem 20210x, toto číslo simuluje podle výpočtů 10 let používání trávníku.

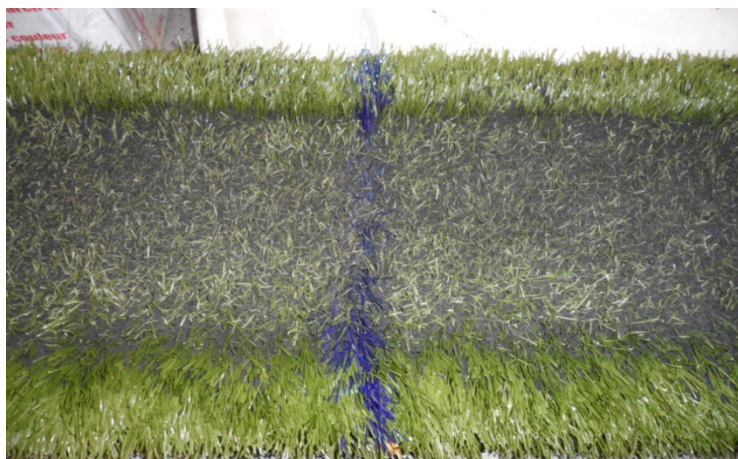


Obr. 12a Testovací linka



Obr. 12b Točící válce poseté špunty

Po ukončení zkoušení je vidět na umělém trávníku opotřebení (obr.12c).



Obr. 12c Trávník po ukončení zkoušení

#### Výsledky měření:

Nejdůležitějším ukazatelem je vizuální vzhled trávníku po zkoušce. Vlas trávníku je zašlapán a oproti novému trávníku je vlas v jiném stavu. Původně byl vlas trávníku napřímený, ale po zkoušce je vlas ve skoro ležatém stavu.

### **1.15 Opotřebení a očekávaná životnost**

Všechny typy umělých trávníků podléhají opotřebení. Životnost umělých trávníků závisí na intenzitě používání i na klimatických podmínkách. Čím více se trávník používá, tím také rychleji stárne. U trávníků používaných ke sportovním účelům intenzita opotřebení závisí na více faktorech. Patří sem denní vytiženost trávníku, počet lidí, druh sportu a také typ používané obuvi.

#### Další faktory ovlivňující životnost:

- typ vlákna (tloušťka)
- hustota umělého trávníku (skutečná plošná hmotnost)
- kvalita provedení



- kvalita instalace
- kvalita granulátu a zvolená zrnitost písku (výška vsypu)
- údržba [3].

### **1.16 Typy trávniku**

Typy umělého trávniku se liší jejich použitím (sport, dětské hřiště nebo pro komerční využití). Dále se nejvíce liší délkou, jemností a také hustotou vláken. Pro fotbal se volí větší délka vláken než na tenis. Pro komerční využití se volí taková délka, která se nemusí ničím zasypávat.

rozdělení: [4]

a)fotbal

#### Nature Green

jemnost: 8800 dtex

materiálové složení: monofil

výška vlasu: 15 mm

#### Scénic, Fantasi

jemnost: 14200 dtex

materiálové složení: rovný a texturovaný monofil

výška vlasu: 35 mm (Scénic), 23 mm (Fantasi)

#### Excent

jemnost: 10400 dtex

materiálové složení: monofil

výška vlasu: 30 mm

#### Step

jemnost: 10400 dtex

materiálové složení: texturovaný monofil

výška vlasu: 10 mm

#### Hatrick

jemnost: 11000 dtex

materiálové složení: fibrilovaná páska

výška vlasu: 50 mm

#### Winner serie

jemnost: 12000 dtex

materiálové složení: speciálně tvarovaný monofil

výška vlasu: 40, 45, 55 a 60 mm

b) tenis

#### Fast track 18

jemnost: 6600 dtex

materiálové složení: fibrilovaná páska

výška vlasu: 18 mm

#### Fast track 10, Fast track 15

jemnost: 6600 nebo 8800 dtex

materiálové složení: fibrilovaná páska

výška vlasu: 10 nebo 15 mm

#### Basic

jemnost: 8800 dtex

materiálové složení: fibrilovaná páska

výška vlasu: 20 mm

c) multisport

#### 4Play

jemnost: 10400 dtex

materiálové složení: monofil

výška vlasu: 24 mm

Lajny se vyrábějí ze stejného materiálu, ale v barevném rozlišení např. červenmodrá, žlutá, bílá...

### **1.17 Využití umělého trávniku**

Umělé trávniky se používají na sportovní účely, na exteriéry nebo interiéry.

#### **Sport**

Umělé trávniky jsou nejvíce využívány na různá hřiště pro sportovní účely. Největší zastoupení je na fotbalových hřištích (obr. 13a), které se používají nejvíce v zimních měsících. Jsou země jako Rusko, kde se umělé trávniky využívají celoročně. Dále se nejvíce používá na tenisové plochy (obr. 13b), volejbal, košíkovou, lehkou atletiku, házenou, badminton, golf (obr. 13c), ale také na dětská hřiště (obr. 13d)...



Obr. 13a



Obr. 13b



Obr. 13c



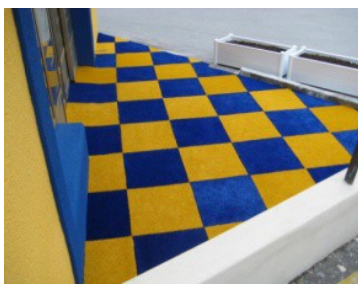
Obr. 13d

#### **Exteriéry a interiéry**

Umělé povrchy se nepoužívají jen ve sportu, ale také v okolí bazénů a budov (obr. 14a) na terasy (obr. 14b), na balkony (obr. 14c) a do vstupních hal.



Obr. 14a



Obr. 14b



Obr. 14c

### **3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

Používaný materiál polyetylen je dodán ve formě multifilů navinutých na cívky. Jedná se o vlákna, z kterých se dále vyrábí umělý trávník. Materiály vláken jsou od firem JUTA a LANEX. Oba materiály mají stejnou jemnost 12000 dtex, ale rozdílné průřezy a počet vláken ve svazku. Vzorek od firmy J má obdélníkový profil a svazek má 8 vláken. Vzorek od firmy L je elipsovitého profilu (čočkový) a svazek má 7 vláken.

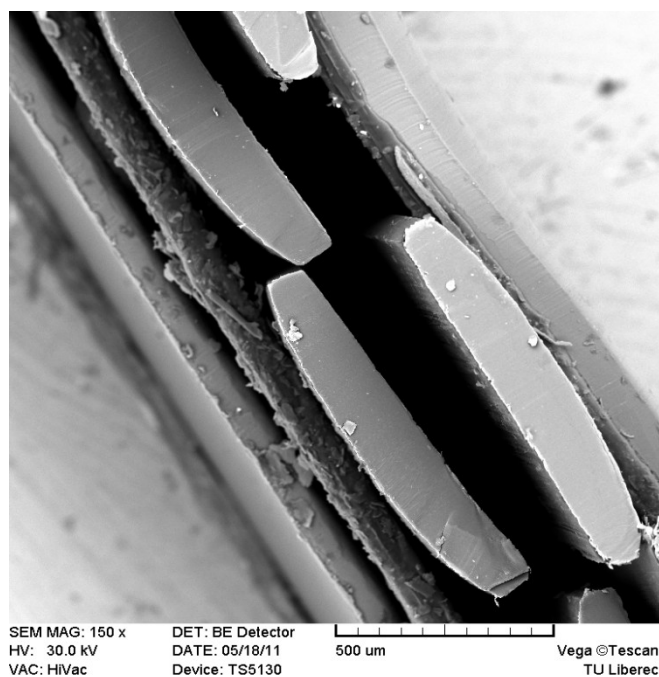
Materiály používané při měření...

Název	Zkratka
Juta	J
Lanex	L

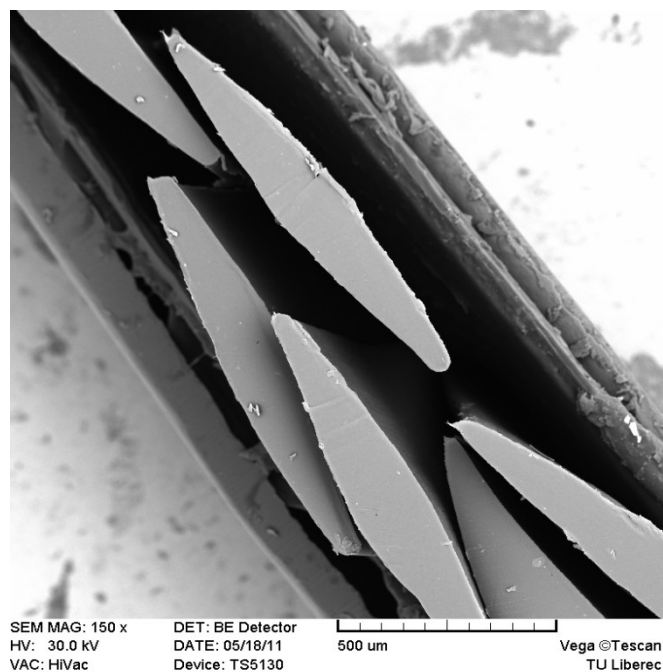
Svazek vláken J je ovinut PE nití pro zabezpečení dobrého všívání. Svazek vláken L je opatřen ochranným zákrutem 35 z/m. Ovinutí vláken ovlivní celkovou pevnost vláken ve svazku.

### **1.18 Průřezy vláken**

Průřezy vláken jsou nasnímány na elektronovém rastrovacím mikroskopu. Tímto zaznamenaným způsobem dokazují, že vlákna jsou opravdu toho průřezu, jakého mají být. Nasnímaná vlákna od J jsou opravdu tvaru pásků (obr. 15a) a vlákna od L jsou elipsovitého (čočkovitého) profilu (obr. 15b).



Obr. 15a Průřez vláken J



Obr. 15b Průřez vláken L

### **1.19 Měření ohybové tuhosti na TH5**

K měření ohybové tuhosti je používán přístroj TH5 (Obr. 16). Na tomto přístroji jsou ohýbány vzorky vláken J a L. Měření probíhá za stejných podmínek a na každém vzorku vlákna se provádí 10 měření.



Obr. 16 měřicí přístroj TH5

### **1.20 Trhání vzorků na dynamometru**

K trhání vzorků se používá trhačka TIRA test 2300 (obr. 17). Zde jsou trhány vzorky jednotlivých vláken i multifilů J a L. U vzorku J a L provádím 50 zkoušek.

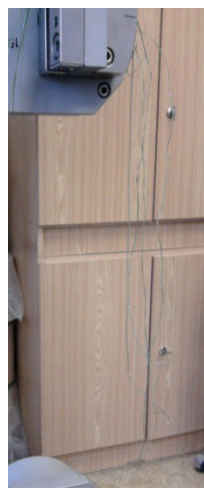


Obr. 17 TIRA test 2300

Na obr. 18a je vidět multifil J před trháním a na obr.18b po trhání...

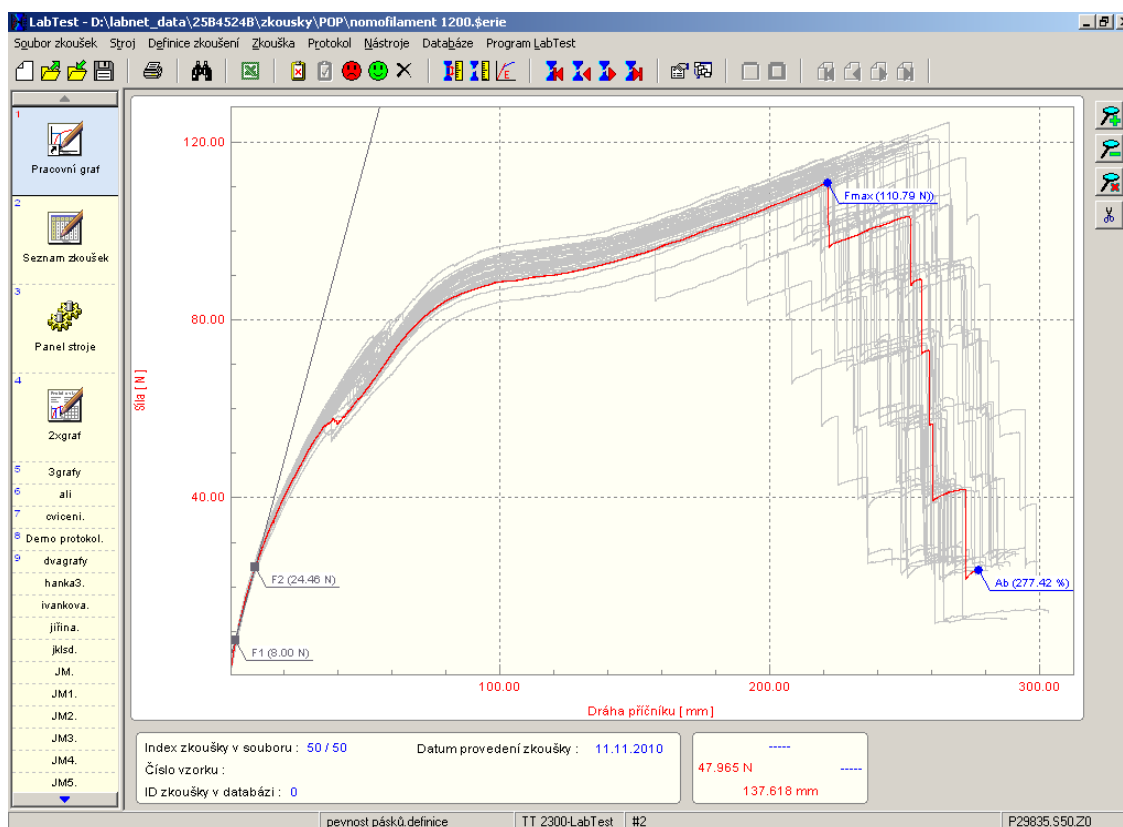


Obr. 18a Detail multifilu před trháním



Obr. 18b Detail multifilu po trhání





Obr. 18c Pracovní graf celého svazku vláken J

Na Obr. 19a je vidět jak se multifil L natahuje, až dojde k přetržení Obr. 19b.

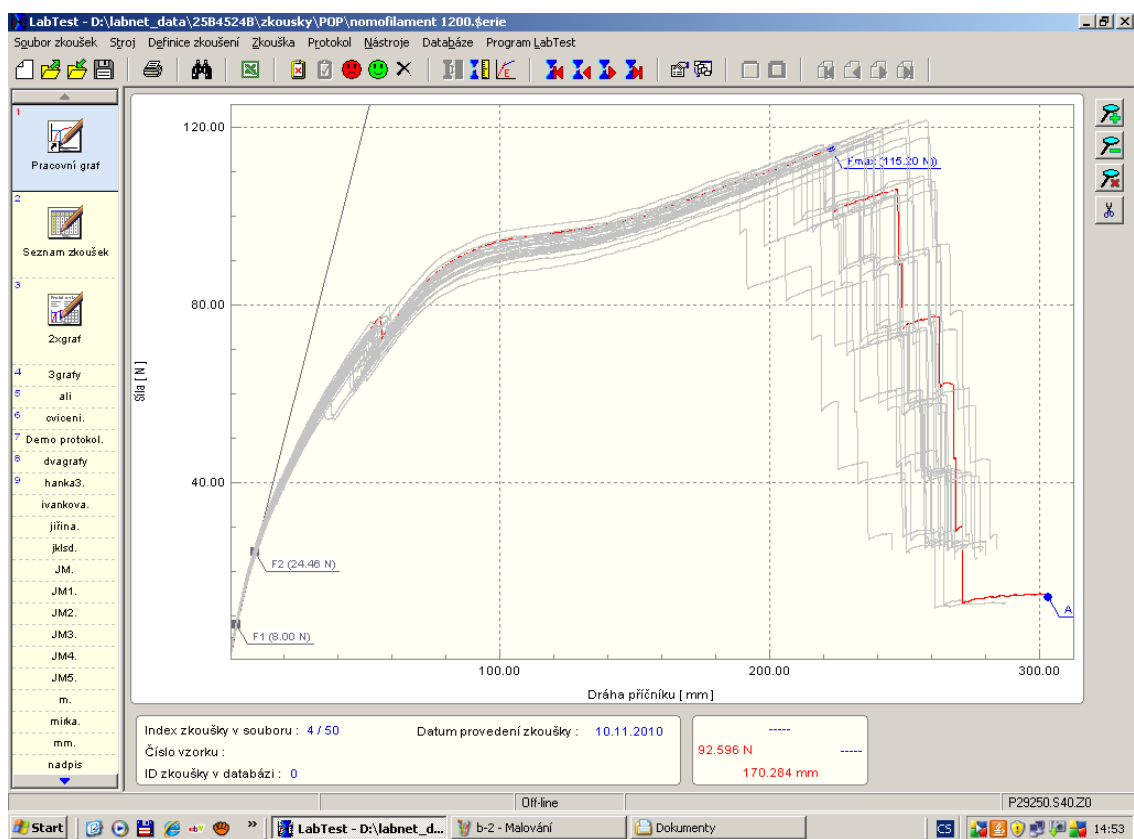


Obr. 19a Detail natahování



Obr. 19b Detail po přetrhu





Obr. 19c Pracovní graf celého svazku vláken L

Dále jsou multifily J a L roztřepeny, následně rozděleny na jednotlivá vlákna a od každého vzorku se vlákna trhají samostatně. Od každého vzorku je provedeno 50 měření.

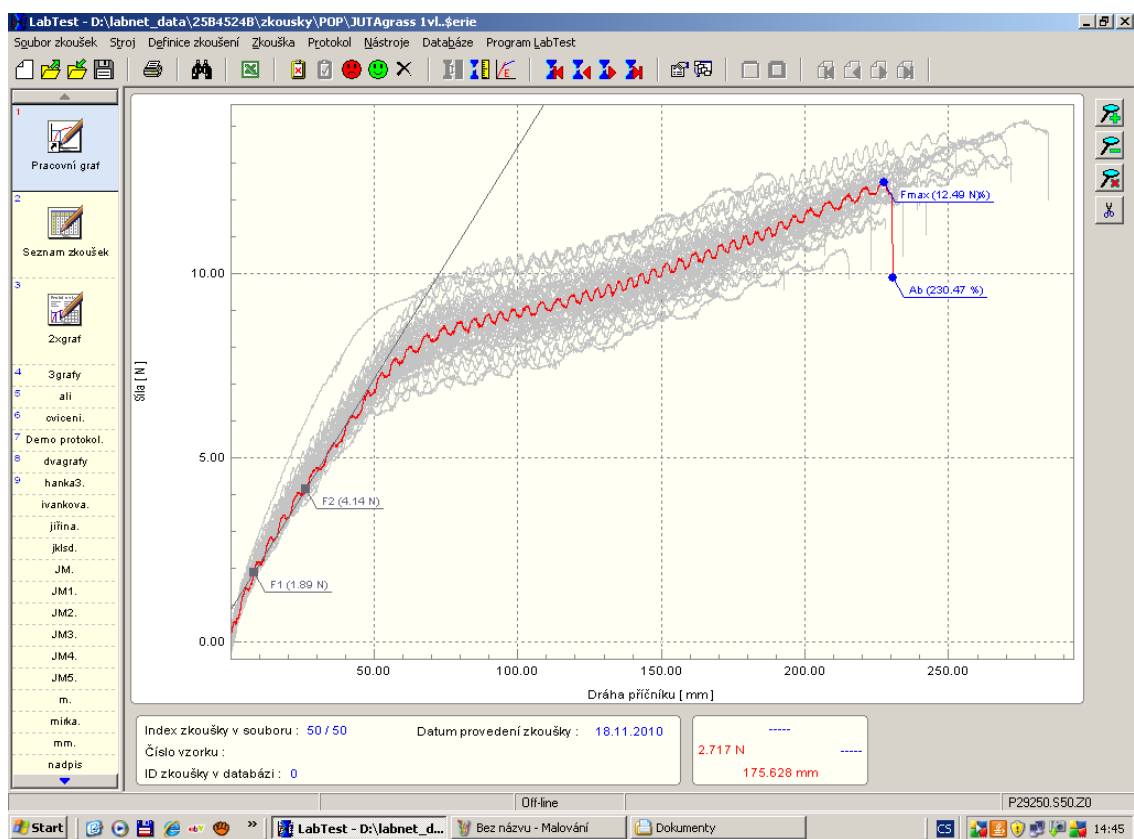
Na obr. 20a vidíme, jak se vlákno J natahuje, až dojde k přetržení Obr. 20b .



Obr. 20a J jedno vl. při natahování

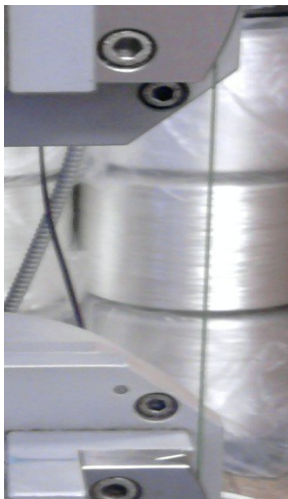


Obr. 20b J jedno vl. po přetrhu

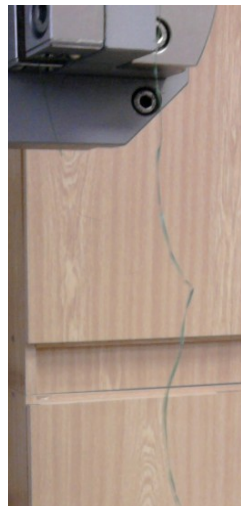


Obr. 20c Pracovní graf jednotlivých vláken J

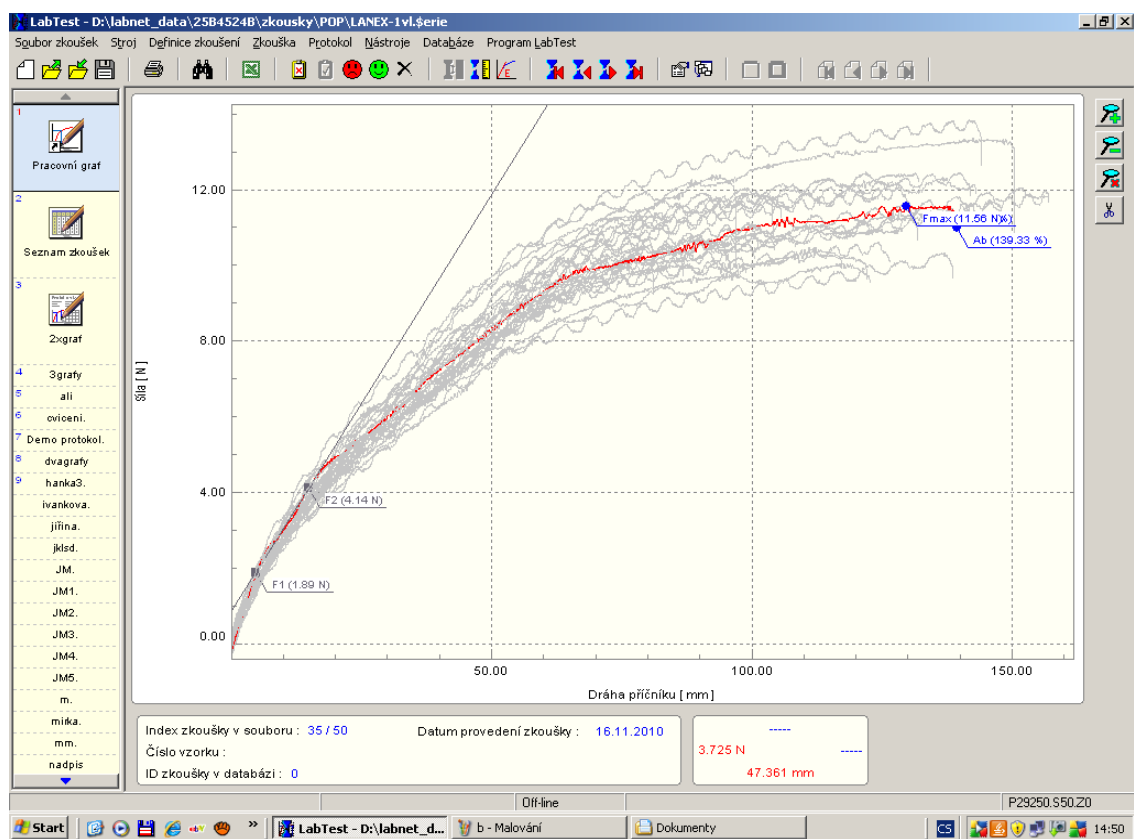
Obr. 21a nám ukazuje vlákno L při natahování a Obr. 21b vlákno již po přetrhu.



Obr. 21a L jedno vl. při natahování



Obr.21b L jedno vl. po přetrhu



Obr. 21c Pracovní graf jednoho vlákna L

## 4 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 1.21 Měření pevností

Nejprve je provedena statistická analýza u dat naměřených na jednotlivých vláknech, poté na svazcích vláken a na posledy na ohybových tuhostech vláken. Všechny statistické výpočty jsou prováděny v software QC Expert. Statistické testy se provádí za účelem stanovení shody pevností u vláken J a L. Je porovnávána shoda průměrů pevností u obou druhů vláken (J a L).

Shoda průměrů je stanovena na základě shody nebo rozdílnosti rozptylů.

Dále se v software QC Expert provádí modelování rozdělení pravděpodobnosti naměřených dat. Z krabicových grafů jsou odečteny odlehlé hodnoty, které jsou ze souboru vyřazeny, modelování bylo provedeno znovu.

Porovnává se 50 maximálních pevností u jednoho vlákna J a L, které se naměří na trhačce.

#### Porovnání dvou výběrů J – L 1.vlákno

Hladina významnosti:	0,05	
Porovnávané sloupce:	A	B
Počet dat:	50	50
Průměr:	12,25459	11,5857212
Směrodatná odchylka:	1,00100388	0,94654671
Rozptyl :	1,00200877	0,89595068
Interval spolehlivosti D	11.9771	11.3234
Interval spolehlivosti H	12.5321	11.8481

Test shody rozptylů

Poměr rozptylů:	1,11837492	
Počet stupňů volnosti:	49	49
Kritická hodnota:	1,58885733	
Závěr:	Rozptyly jsou SHODNÉ	
Pravděpodobnost:	0,32133015	

Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly

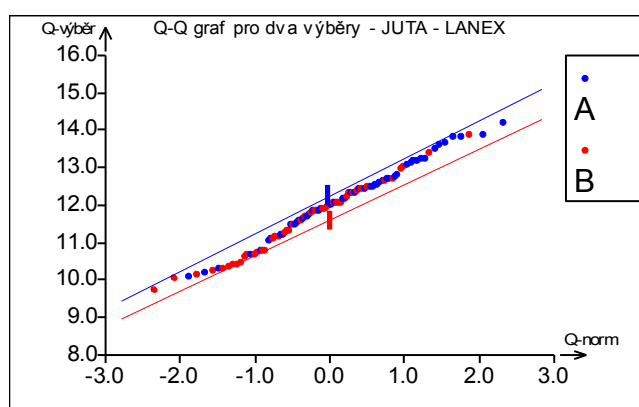
t-statistika:	3,43306855	
Počet stupňů volnosti:	98	
Kritická hodnota:	1,98446746	
Závěr:	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	
Pravděpodobnost:	0,0008758	

# Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test

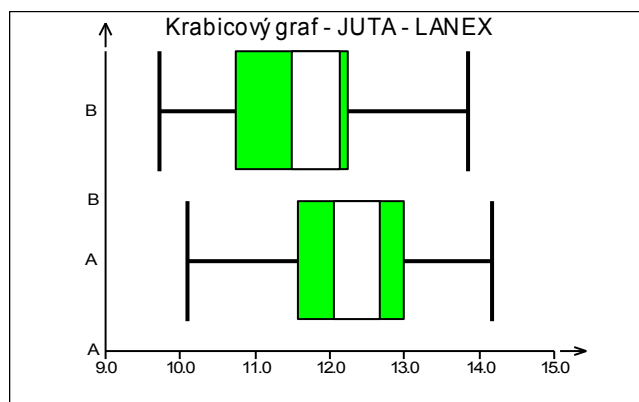
Diference DF:	0,34
Kritická hodnota:	0,2716203
Závěr:	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ

Ze statistického zpracování dat vyplývá, že průměry naměřených dat pevností jsou rozdílné při shodě průměrů pro shodné rozptyly. Totéž platí pro srovnání dvou rozdělení pravděpodobností, která jsou rovněž u naměřených dat J a L rozdílná.

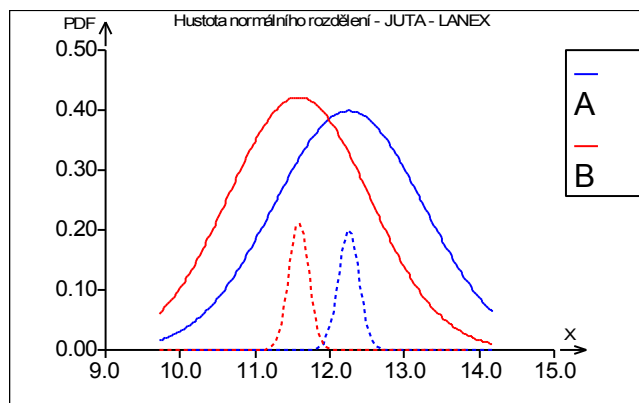
V praxi to znamená, že monofily jsou vyráběny s podobnou variabilitou (test shody rozptylů ukazuje shodnost), ale s rozdílnou pevností. Pevnost vláken výrobce J je větší, než pevnost vláken výrobce L.



Graf 1 Q – Q graf pro dva výběry J-L



Graf 2 Krabicový graf J-L



Graf 3 Hustota normálního rozdělení J-L

### Pravděpodobnostní modely – metoda maximální věrohodnosti vlákna J

Symetrické modely

Rozdělení	Věrohodnost	P-P korelace	Parametry	
			A	B
Normální	-70,49709563	0,99465867	12,25459	1,001004
Cauchy	-80,69488325	0,98551409	12,33911	0,617031
Logistické	-71,54714428	0,99413608	12,27861	0,576412
Laplace	-73,65561468	0,98894251	12,37817	0,802451
Rovnoměrné	-70,26733535	0,9698455	10,10482	14,18176

Modelové momenty

Rozdělení	Střední hodnota	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	Modus
Normální	12,25459	1,00200877	0	3	12,25459	12,25459
Cauchy	nedef.	nedef.	nedef.	nedef.	12,33911	12,33911
Logistické	12,27861452	1,0930615	0	4,2	12,27861	12,27861
Laplace	12,37817	1,28785586	0	6	12,37817	12,37817
Rovnoměrné	12,14329	1,38511998	0	1,8	12,14329	nedef.

Kvantily a pravděpodobnosti

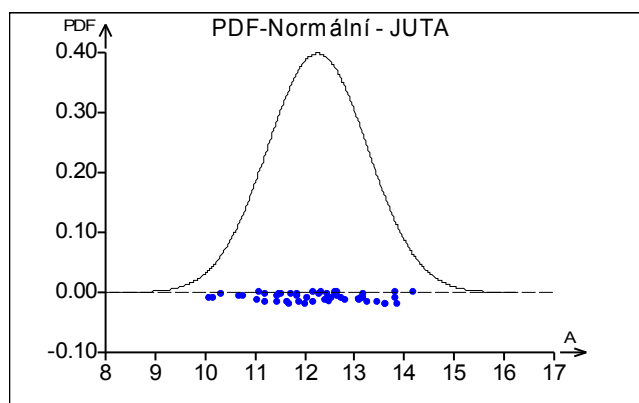
Rozdělení	Kvant(0,01)	Kvant(0,99)
Normální	9,925907292	14,5832727
Logistické	9,629932323	14,9272964
Cauchy	-7,295149464	31,9733681

Laplace	9,23896248	15,5173768
Rovnoměrné	10,1455894	14,1409906

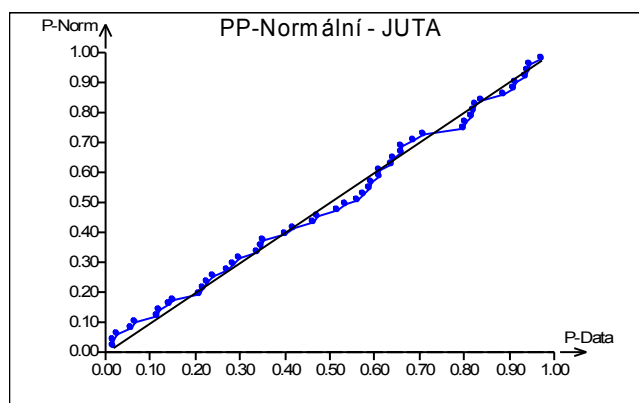
Výběrové momenty

Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián
12,25459	1,002008774	-0,21946116	2,569755	12,37817

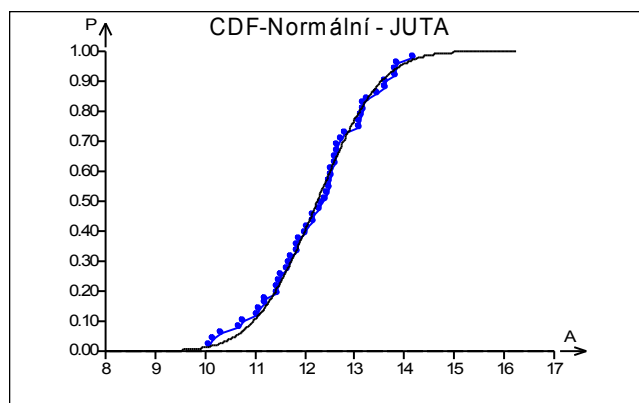
Je vybráno rozdělení, které vyšlo nejlépe. Zbylá rozdělení jsou v příloze.



Graf 4 PDF - normální J



Graf 5 PP - normální J



Graf 6 CDF - normální J

## Pravděpodobnostní modely – metoda maximální věrohodnosti vlákna L

### Symetrické modely

Rozdělení	Věrohodnost	P-P korelace	Parametry	
			A	B
Normální	-67,7001789	0,980014129	11,58572	0,946547
Cauchy	-79,67692689	0,970967886	11,76609	0,61723
Logistické	-69,17023149	0,977082331	11,59954	0,554731
Laplace	-72,47098641	0,974807256	11,82077	0,78366
Rovnoměrné	-70,85039181	0,968781356	9,72258	13,84734

### Modelové momenty

Rozdělení	Střední hodnota	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	Modus
Normální	11,5857212	0,89595068	0	3	11,58572	11,58572
Cauchy	nedef.	nedef.	nedef.	nedef.	11,76609	11,76609
Logistické	11,59954251	1,01237809	0	4,2	11,59954	11,59954
Laplace	11,82077002	1,22824524	0	6	11,82077	11,82077
Rovnoměrné	11,78496	1,41780375	0	1,8	11,78496	nedef.

### Kvantily a pravděpodobnosti

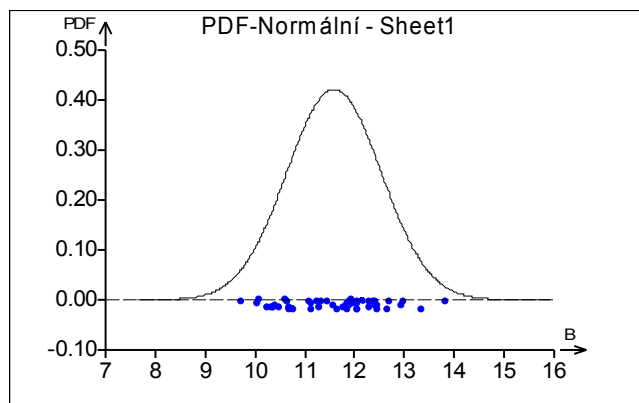
Rozdělení	Kvant(0,01)	Kvant(0,99)
Normální	9,383724768	13,78771763
Logistické	9,050489141	14,14859598
Cauchy	-7,874477677	31,40665955
Laplace	8,755075455	14,88646501
Rovnoměrné	9,7638276	13,8060924

### Výběrové momenty

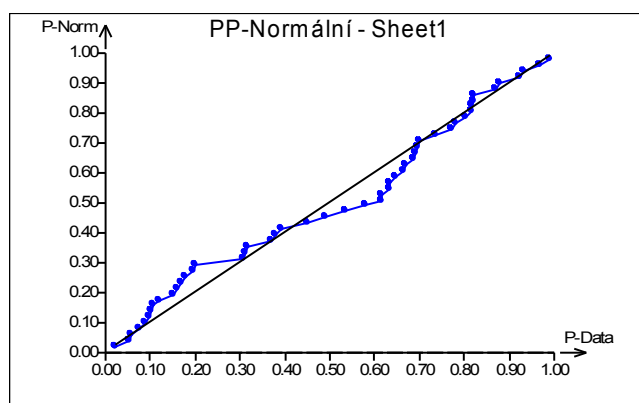
Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián
11,5857212	0,895950682	0,028866464	2,42846	11,82077

Je vybráno rozdělení, které vyšlo nejlépe. Zbylá rozdělení jsou v příloze.

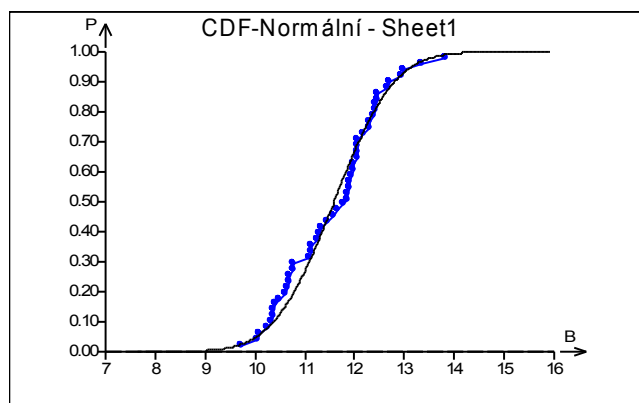




Graf 7 PDF – normální



Graf 8 PP - normální



Graf 9 CDF - normální

### Porovnání dvou výběrů J – L celý svazek vláken

Hladina významnosti	0,05	
Porovnávané sloupce	A	B
Počet dat	46	46
Průměr	115,9342428	77,28762652
Směr. Odchylka	3,35240567	2,233859497
Rozptyl	11,23862378	4,990128251
Interval spolehlivosti D	114.9649	76.6420
Interval spolehlivosti H	116.9035	77.9332

### Test shody rozptylů

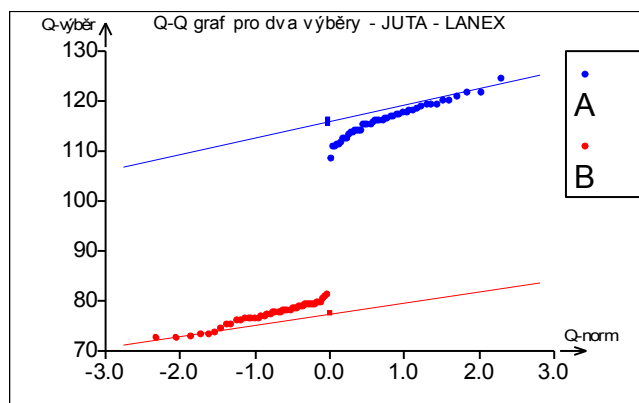
Poměr rozptylů	2,25217133	
Počet stupňů volnosti	45	45
Kritická hodnota	1,621845237	
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	
Pravděpodobnost	0,003472113	

### Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly

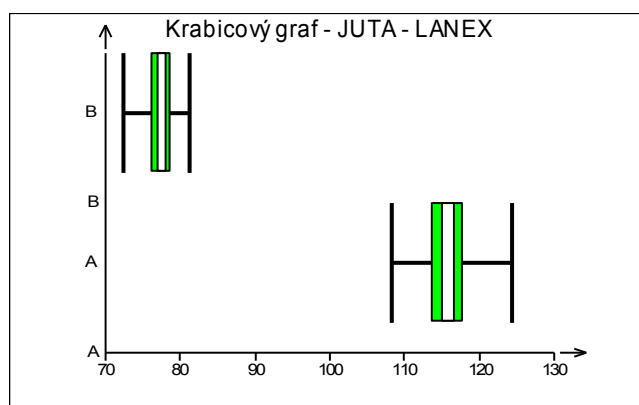
t-statistika	65,06505916	
Počet stupňů volnosti	90	
Kritická hodnota	1,986674541	
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	
Pravděpodobnost	1,81E-77	

### Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test

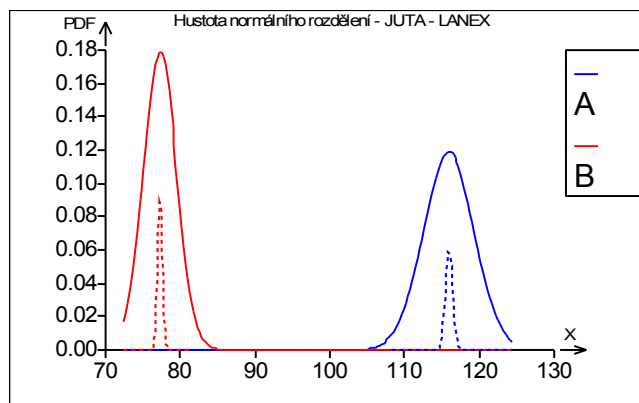
Diference DF	1	
Kritická hodnota	0,283183742	
Závěr	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	



Graf 10 Q – Q graf pro dva výběry



Graf 11 Krabicový graf



Graf 12 Hustota rovnoměrného rozdělení

Ze statistického zpracování dat vyplývá, že průměry naměřených dat pevností jsou rozdílné při současné neshodě rozptylů. Totéž platí pro srovnání dvou rozdělení pravděpodobností, která jsou rovněž u naměřených dat J a L rozdílná.

V praxi to znamená, že vlákna jsou vyráběna s podobnou kvalitou (test shody rozptylů ukazuje shodnost). Svazky vláken vykazují různé pevnosti. Pevnost vláken výrobce J je větší, než pevnost vláken výrobce L.

### Pravděpodobnostní modely - metoda maximální věrohodnosti J

Symetrické modely

Rozdělení	Věrohodnost	P-P korelace	Parametry	
			A	B
Normální	-120,41637	0,99659873	115,9342	3,3 524 06
Cauchy	-129,09002	0,98757476	115,9639	2,0 214 38
Logistické	-121,04486	0,99595925	115,9205	1,9 080 32
Laplace	-122,55607	0,99089683	115,8908	2,6 409 63
Rovnoměrné	-127,55343	0,95846801	108,294	124 ,29 9

Modelové momenty

Rozdělení	Střední hodnota	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	Modus
Normální	115,934243	11,2386238	0	3	115,9342	115,9342
Cauchy	nedef.	nedef.	nedef.	nedef.	115,9639	115,

						963 9
Logistické	115,920487	11,9770436	0	4,2	115,9205	115, 920 5
Laplace	115,890845	13,9493731	0	6	115,8908	115, 890 8
Rovnoměrné	116,296505	21,3466421	0	1,8	116,2965	ned ef.

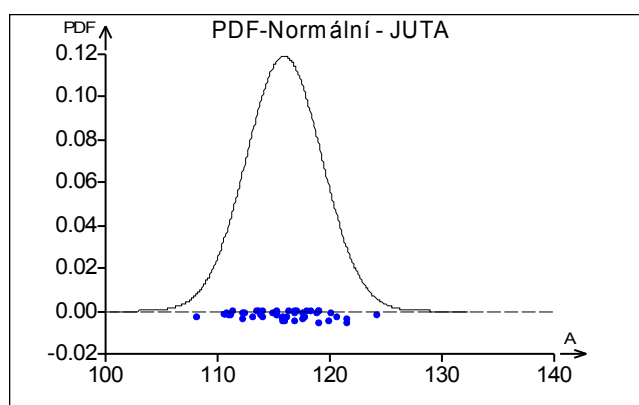
Kvantily a pravděpodobnosti

Rozdělení	Kvant(0,01)	Kvant(0,99)
Normální	108,135381	123,733104
Logistické	107,152855	124,68812
Cauchy	51,6406992	180,287077
Laplace	105,559338	126,222351
Rovnoměrné	108,45406	124,13895

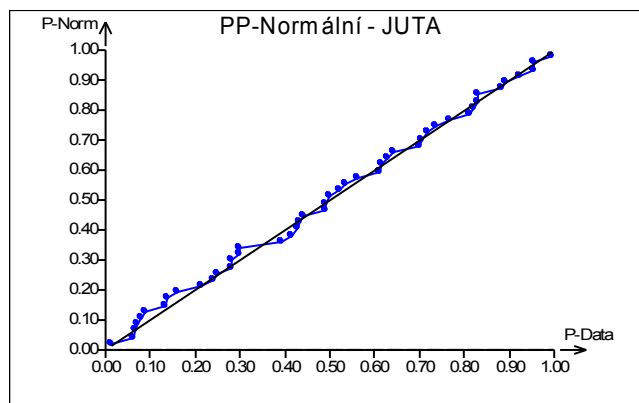
Výběrové momenty

Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián
115,9342428	11,2386238	0,0925645	2,912219	115,8908

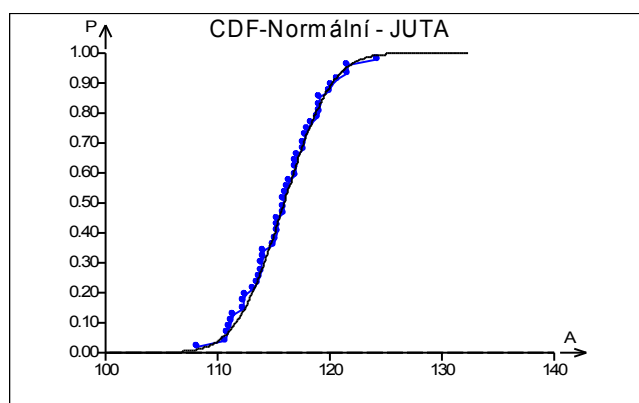
Je vybráno rozdělení, které vyšlo nejlépe. Zbylá rozdělení jsou v příloze.



Graf 13 PDF - normální



Graf 14 PP - normální



Graf 15 CDF - normální

## Pravděpodobnostní modely - metoda maximální věrohodnosti L

### Symetrické modely

Rozdělení	Věrohodnost	P-P korelace	Parametry	
			A	B
Normální	-120,41637	0,99659873	115,9342	3,352406
Cauchy	-129,09002	0,98757476	115,9639	2,021438
Logistické	-121,04486	0,99595925	115,9205	1,908032
Laplace	-122,55607	0,99089683	115,8908	2,640963
Rovnoměrné	-127,55343	0,95846801	108,294	124,299

### Modelové momenty

Rozdělení	Střední hodnota	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	Modus
-----------	-----------------	---------	---------	-----------	--------	-------

Normální	115,934243	11,238623 8	0	3	115,9342	115, 934 2
Cauchy	nedef.	nedef.	nedef.	nedef.	115,9639	115, 963 9
Logistické	115,920487	11,977043 6	0	4,2	115,9205	115, 920 5
Laplace	115,890845	13,949373 1	0	6	115,8908	115, 890 8
Rovnoměrné	116,296505	21,346642 1	0	1,8	116,2965	ned ef.

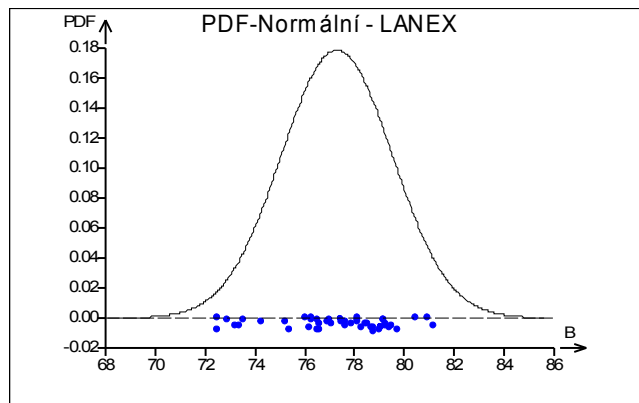
#### Kvantily a pravděpodobnosti

Rozdělení	Kvant(0,01)	Kvant(0,99)
Normální	108,135381	123,7331 04
Logistické	107,152855	124,6881 2
Cauchy	51,6406992	180,2870 77
Laplace	105,559338	126,2223 51
Rovnoměrné	108,45406	124,1389 5

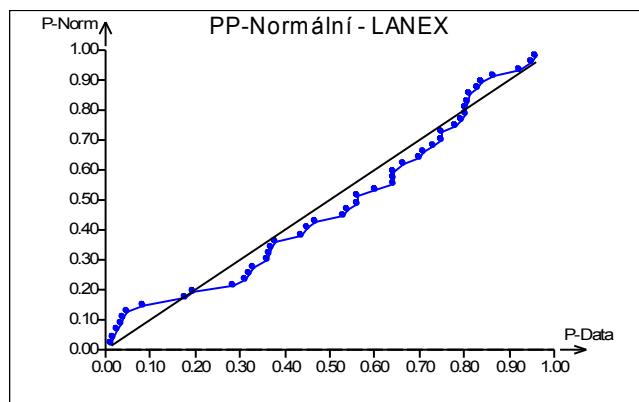
#### Výběrové momenty

Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián
115,9342428	11,238623 8	0,092564 5	2,912219	115, 8908

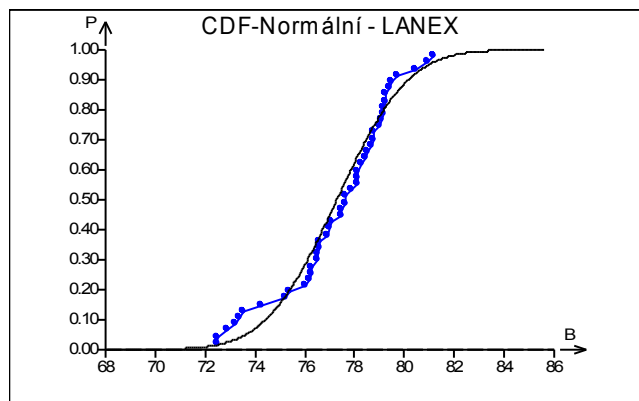
Je vybráno rozdělení, které vyšlo nejlépe. Zbylá rozdělení jsou v příloze.



Graf 16 PDF - normální



Graf 17 PP - normální



Graf 18 CDF – normální

## 1.22 Naměřené ohybové hodnoty

Tyto hodnoty jsou naměřeny na přístroji TH5.

JUTA	mN.mm <sup>2</sup>
1	43.1
2	51.6
3	48.6
4	46
5	47.3
6	45.6
7	51.3
8	47.6
9	49.1
10	46.4
Průměr	47.66

LANEX	mN.m6 <sup>2</sup>
1	29.9
2	31.3
3	30.6
4	30.3
5	30.1
6	29.1
7	29.3
8	29.9
9	29.8
10	29.5
Průměr	29.98

#### Porovnání dvou výběrů J – L u ohybové tuhosti

Hladina významnosti	0,05	
Porovnávané sloupce	A	B
Počet dat	10	10
Průměr	5,96	4,281
Směr. Odchylka	0,326496554	0,092790086
Rozptyl	0,1066	0,00861
Interval spolehlivosti D	5.7576	4.2234
Interval spolehlivosti H	6.16236	4.3385

#### Test shody rozptylů

Poměr rozptylů	12,38095238	
Počet stupňů volnosti	9	9
Kritická hodnota	3,178893104	
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	
Pravděpodobnost	0,000453106	

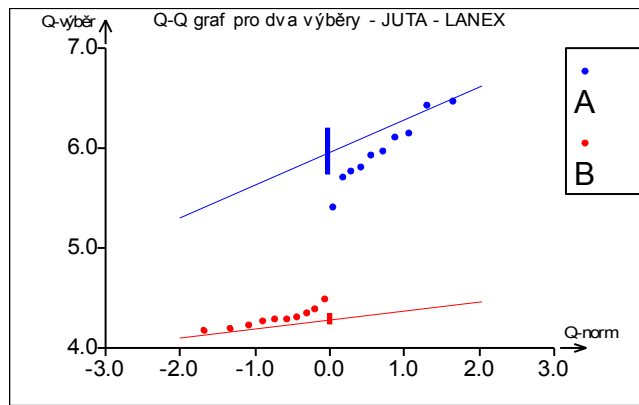
#### Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly

t-statistika	15,64247998	
Počet stupňů volnosti	18	
Kritická hodnota	2,10092204	
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	
Pravděpodobnost	6,38E-12	

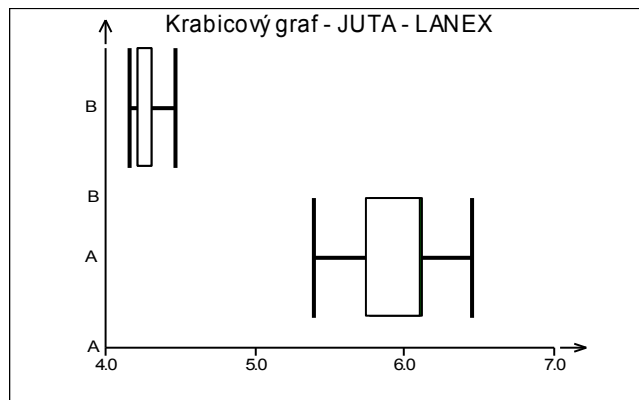
#### Test dobré shody rozdělení dvou výběrový K-S test

Diference DF	1	
Kritická hodnota	0,607361462	
Závěr	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	

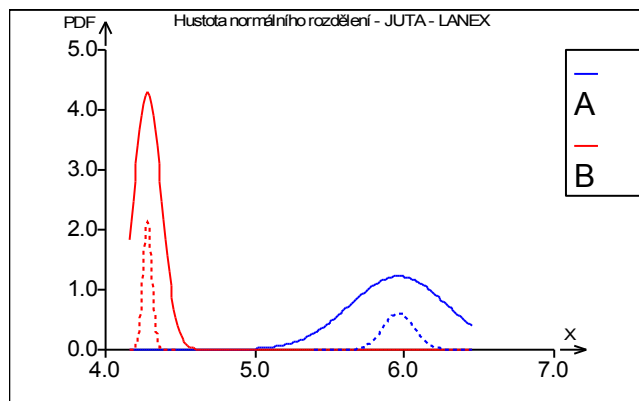




Graf 19 Q-Q graf pro dva výběry J-L



Graf 20 Krabicový graf J-L



Graf 21 Hustota normálního rozdělení J-L

Ze statistického zpracování dat vyplývá, že naměřená data ohybových tuhostí jsou při shodě rozptylů rozdílná. Totéž platí pro srovnání dvou rozdělení pravděpodobností, která jsou rovněž u naměřených dat J a L rozdílná.

V praxi to znamená, že vlákna mají rozdílné ohybové tuhosti. Ohybová tuhost vláken výrobce J je větší, než ohybová tuhost vláken výrobce L.

### Pravděpodobnostní modely - metoda maximální věrohodnosti J

### Symetrické modely

Rozdělení	Věrohodnost	P-P korelace	Parametry	
			A	B
Normální	-2,496026496	0,9805925 1	5,96	0,326497
Cauchy	-4,512530391	0,9786253	5,919181	0,190987
Logistické	-2,714648732	0,9822793 4	5,955179	0,180926
Laplace	-3,06852824	0,9810698 3	5,93	0,250024
Rovnoměrné	-0,582689081	0,9562794 9	5,39	6,45

### Modelové momenty

Rozdělení	Střední hodnota	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	Modus
Normální	5,96	0,1066	0	3	5,96	5,96
Cauchy	nedef.	nedef.	nedef.	nedef.	5,919181	5,919181
Logistické	5,955178525	0,10769112	0	4,2	5,955179	5,955179
Laplace	5,93	0,12502392	0	6	5,93	5,93
Rovnoměrné	5,92	0,09363333	0	1,8	5,92	nedef.

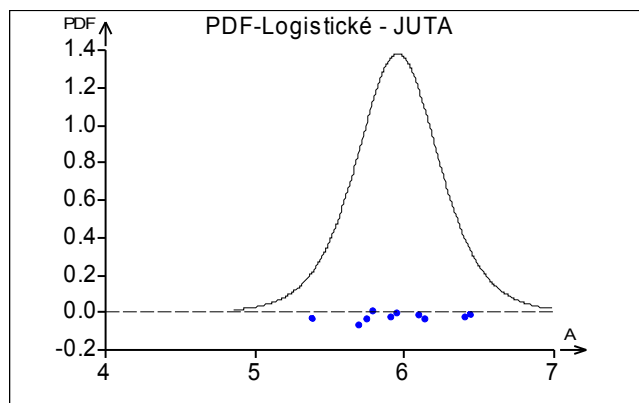
### Kvantily a pravděpodobnosti

Rozdělení	Kvant(0,01)	Kvant(0,99)
Normální	5,200455501	6,7195445
Logistické	5,123802494	6,78655457
Cauchy	-0,158133221	11,9964962
Laplace	4,951900848	6,9080993
Rovnoměrné	5,4006	6,4394

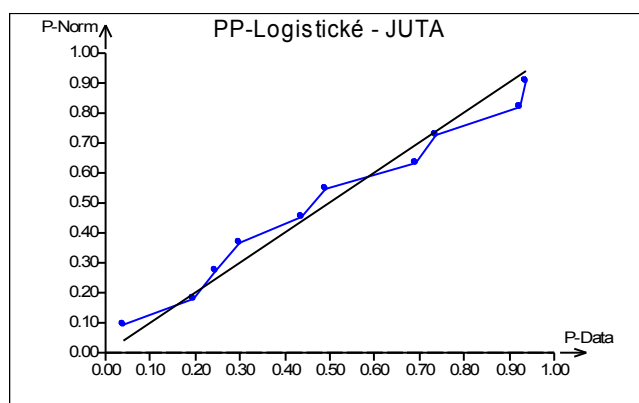
### Výběrové momenty

Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián
5,96	0,1066	0,0043816 1	2,826	5,93

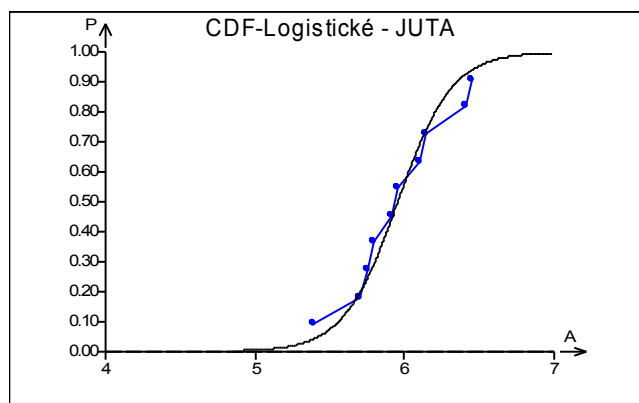
Je vybráno rozdělení, které vyšlo nejlépe. Zbylá rozdělení jsou v příloze.



Graf 22 PDF - logistické J



Graf 23 PP - logistické J



Graf 24 CDF - logistické J

## Pravděpodobnostní modely - metoda maximální věrohodnosti L

Symetrické modely

Rozdělení	Věrohodnost	P-P	Parametry	
			A	B

		korelace		
Normální	10,08476947	0,97844487	4,281	0,09279
Cauchy	8,57170884	0,98559001	4,269155	0,055589
Logistické	10,03813383	0,98561297	4,274526	0,050026
Laplace	10,09694986	0,98618641	4,27	0,065612
Rovnoměrné	11,71182982	0,92746669	4,16	4,47

#### Modelové momenty

Rozdělení	Střední hodnota	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	Modus
Normální	4,281	0,00861	0	3	4,281	4,281
Cauchy	ndef.	ndef.	ndef.	ndef.	4,269155	4,269155
Logistické	4,27452585	0,00823312	0	4,2	4,274526	4,274526
Laplace	4,27	0,00861	0	6	4,27	4,27
Rovnoměrné	4,315	0,00800833	0	1,8	4,315	ne def.

#### Kvantily a pravděpodobnosti

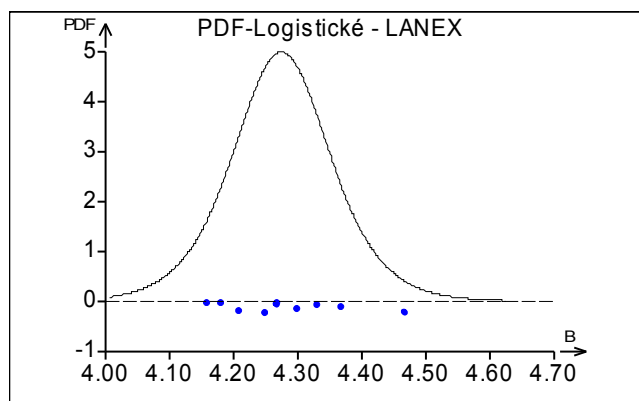
Rozdělení	Kvant(0,01)	Kvant(0,99)
Normální	4,065138022	4,49686198
Logistické	4,044651876	4,50439985
Cauchy	2,500287643	6,0380231
Laplace	4,013322416	4,52667755
Rovnoměrné	4,1631	4,4669

#### Výběrové momenty

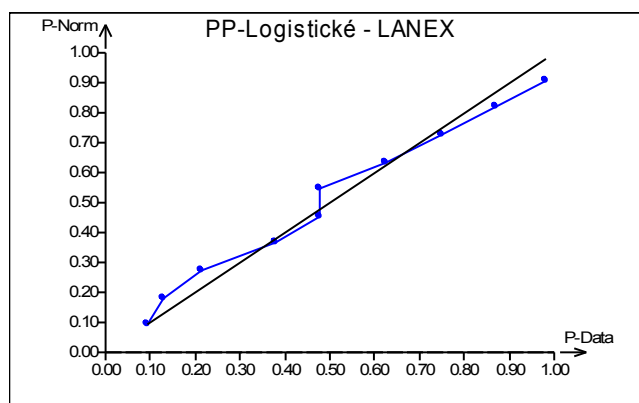
Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián
4,281	0,00861	0,7629232	3,438699	4,27

		6		
--	--	---	--	--

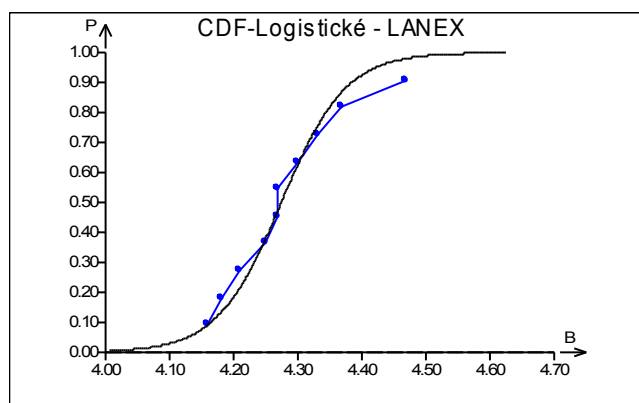
Je vybráno rozdělení, které vyšlo nejlépe. Zbylá rozdělení jsou v příloze.



Graf 25 PDF - logistické L



Graf 26 PP - logistické L



Graf 27 CDF - logistické L

### 1.23 Souhrn

Měřená vlákna mají rozdílný průřez i počet vláken ve svazku. J má 8 vláken a je obdélníkového průřezu. L má 7 vláken a je elipsovitého průřezu.

Výsledky měření jak jednotlivých vláken tak i měření celého svazku vláken nám ukazují, že jsou vlákna J pevnější než vlákna L. Měření ohybové tuhosti ukazuje rozdílné výsledky. Celý svazek vláken od firmy JUTA má o 60% větší tuhost a tím pádem klade větší odpor při ohýbání než celý svazek vláken od firmy LANEX.

Vlákna od Juty mají dobrou pevnost a ohybovou tuhost. To v praxi znamená, že všitá vlákna díky své tuhosti jsou déle napřímená a po delší době se budou deformovat (ukládat). Dále budou dobře držet v umělohmotných plátnech a tím pádem bude docházet k menšímu vytrhávání vlasů než u vláken Lanex, které mají nižší pevnost a ohybovou tuhost.

## **5 ZÁVĚR**

Pomocí měření pevnosti na trhačce (TIRA test 2300) se zjistilo, že celý svazek vláken JUTA (obdélníkového průřezu) je pevnější než celý svazek vláken LANEX (elipsovitého průřezu). To samé platí i pro jednotlivá vlákna, to znamená, že vlákno od JUTY má větší pevnost než vlákno od LANEXU.

Při zkoušení ohybové tuhosti bylo zjištěno, že celý svazek vláken od firmy JUTA má větší ohybovou tuhost než svazek vláken od firmy LANEX.

Vlákna pro výrobu umělého trávníku jak z hlediska maximální pevnosti, tak i ohybové tuhosti jsou lepší od firmy JUTA než od firmy LANEX.

## **6 POUŽITÁ LITERATURA**

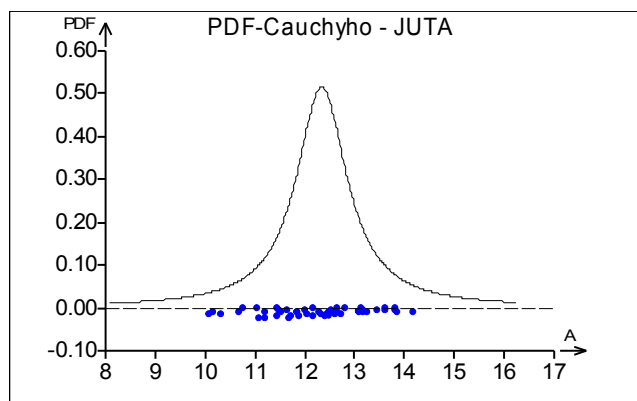
- [1] Militký J.: Textilní vlákna a speciální textilní vlákna. Učební text. TUL Liberec. Liberec 2005
- [2] Lizák P., Militký J.: Technické textilie. Ružomberok. 2002
- [3] Jon M. a Plaček L.: JUTA. Příručka se všeobecnými a technickými informacemi. 2010
- [4] Jon M. a Plaček L.: JUTA. Umělé trávníky pro sport i terénní úpravy. 2010
- [5] Pasquini N.: Polyethylen Handbook. Carl Hanser Verlag. Mnichov 2005
- [6] Ország P.: osobní sdělení. 3. 12. 2010
- [7] Internetový server: <http://www.vysspa.cz/jak-se-vyrabi-granulat.html>
- [8] Internetový server: <http://www.gardengrass.com/gallery?album=2&gallery=9>
- [9] Internetový server: <http://www.maturita.cz/referaty/referat.asp?id=4639>
- [10] Internetový server: [http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_turf](http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_turf)

- [11] Louie, Douglas K. (2005): "Elastomers". Handbook of sulphuric acid manufacturing. Richmond Hill, Canada: DKL Engineering, Inc.. pp. 16–116
- [12] Gent A. N., Campion R. P., American Chemical Society. Division of Rubber, Engineering With Rubber: How to Design Rubber Components; Munich: Hanser Publishers: 1992.

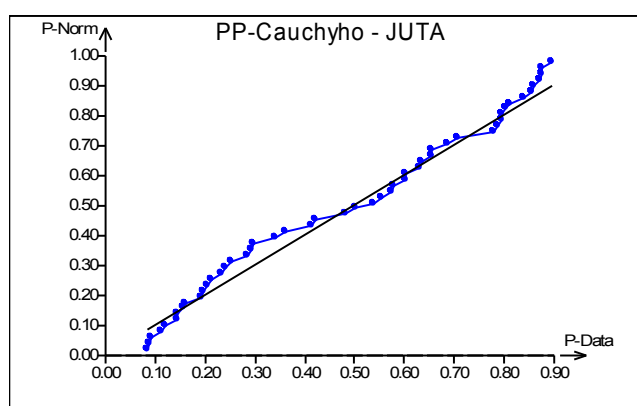
## **PŘÍLOHA**

### **Porovnání dvou výběrů J – L 1.vlákn**

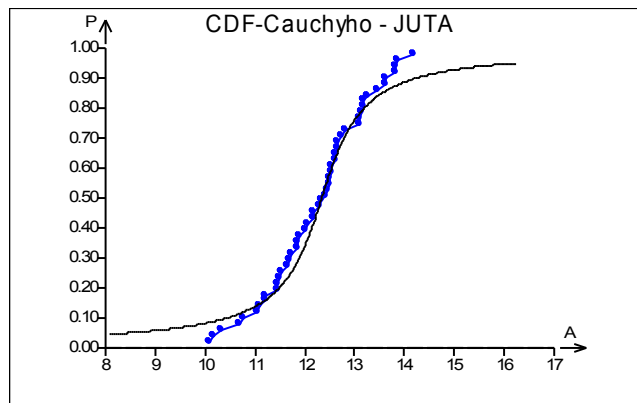
#### **Pravděpodobnostní modely – metoda maximální věrohodnosti vlákna J**



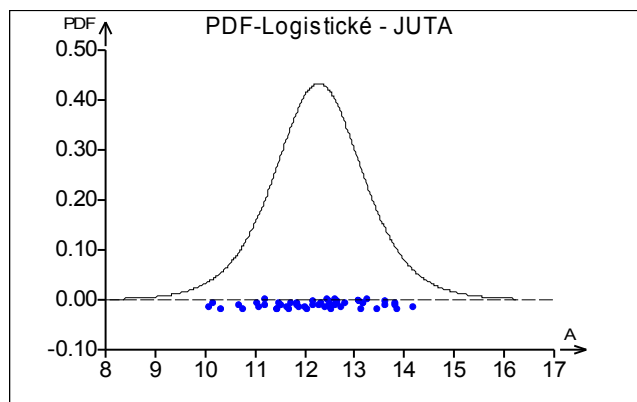
Graf 1 PDF - Cauchyho J



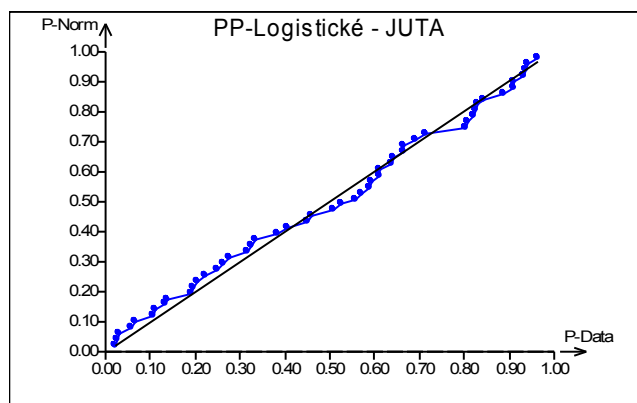
Graf 2 PP - Cauchyho J



Graf 3 CDF - Cauchyho J

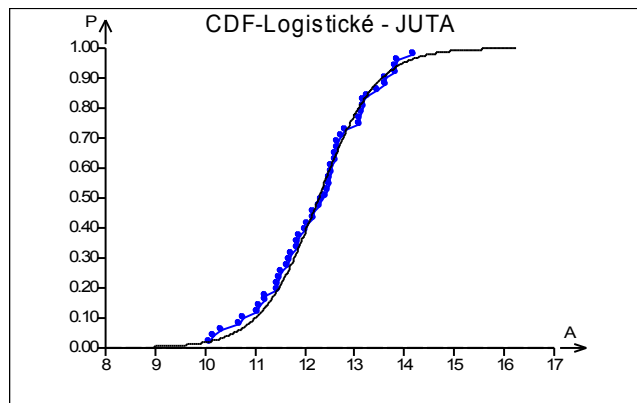


Graf 4 PDF - logistické J

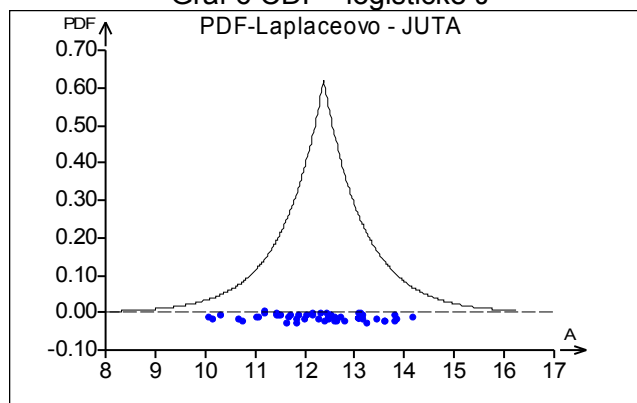


Graf 5 PP - logistické J

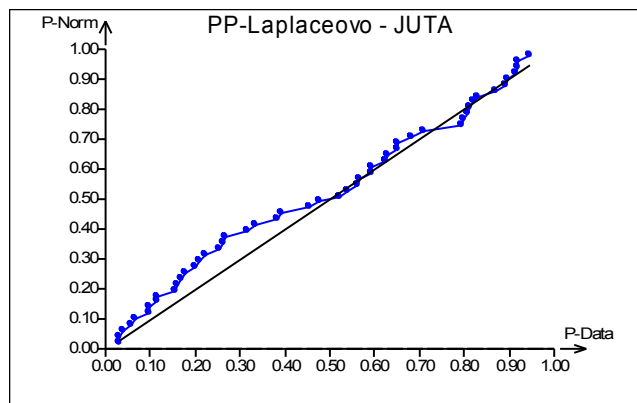




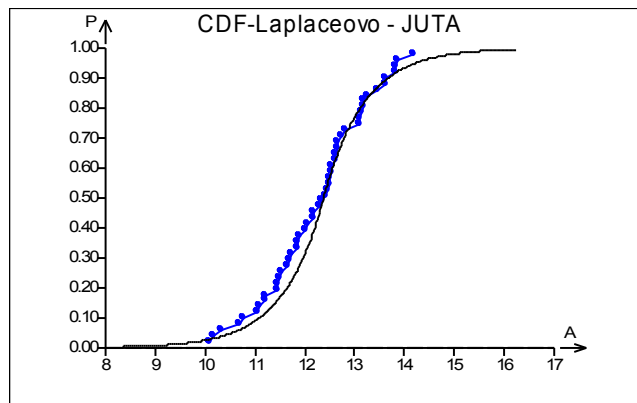
Graf 6 CDF - logistické J



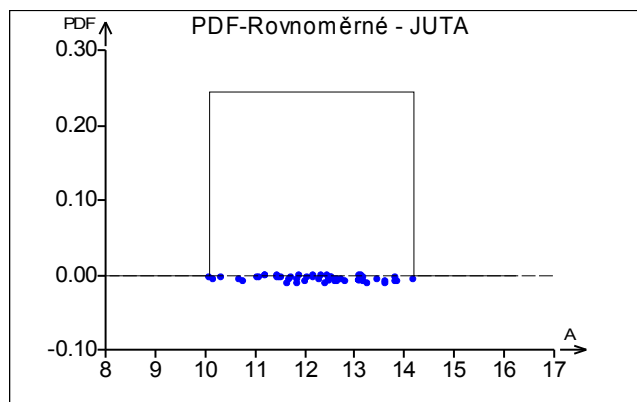
Graf 7 PDF - Laplaceovo J



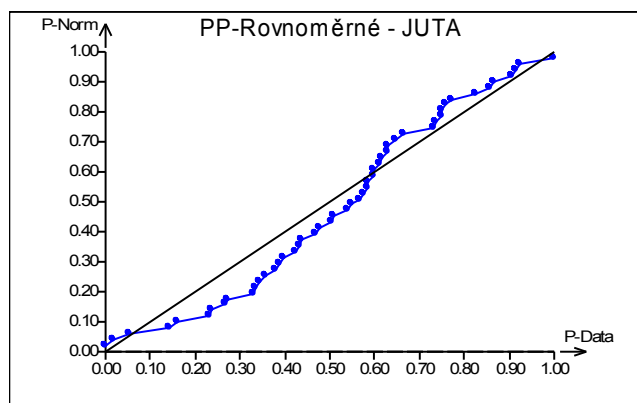
Graf 8 PP - Laplaceovo J



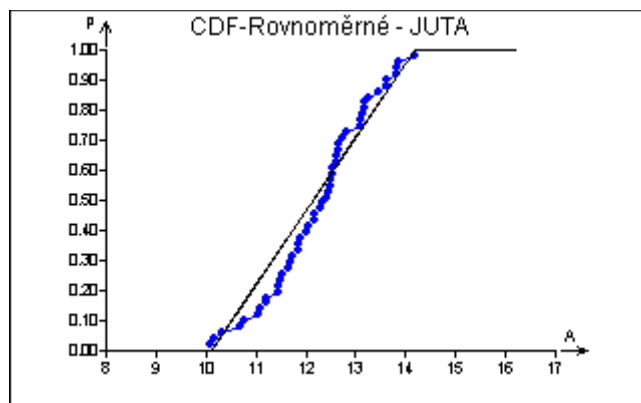
Graf 9 CDF - Laplaceovo J



Graf 10 PDF - rovnoměrné J

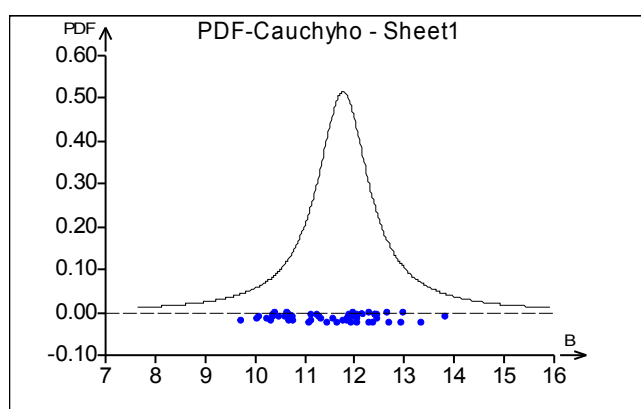


Graf 11 PP - rovnoměrné J

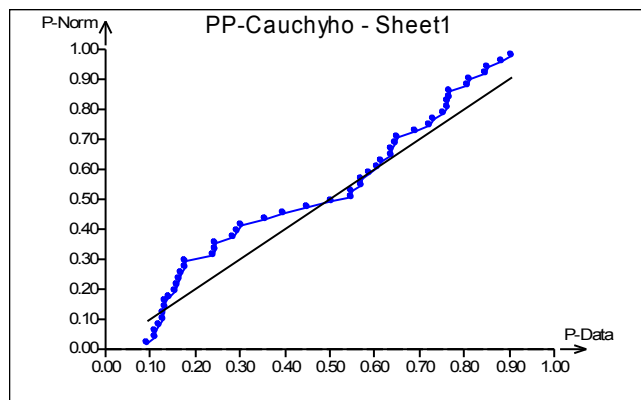


Graf 12 CDF - rovnoměrné J

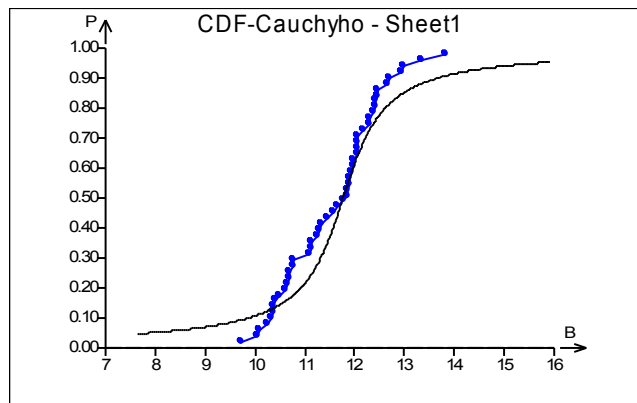
### Pravděpodobnostní modely – metoda maximální věrohodnosti vlákna L



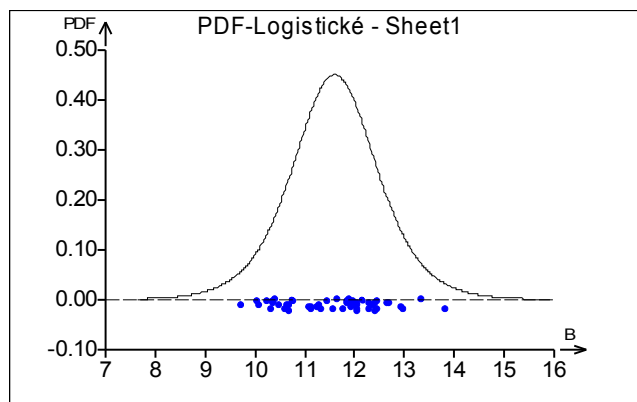
Graf 13 PDF - Cauchyho



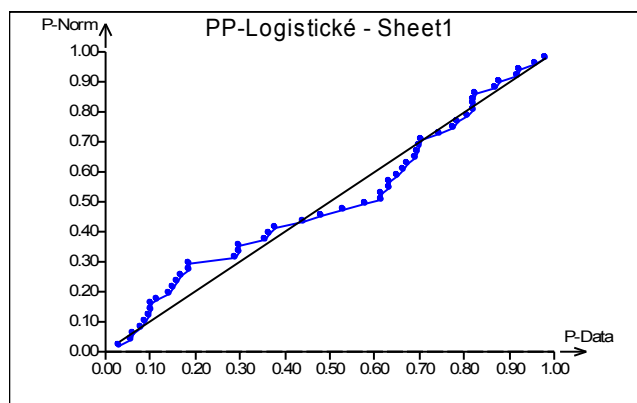
Graf 14 PP – Cauchyho



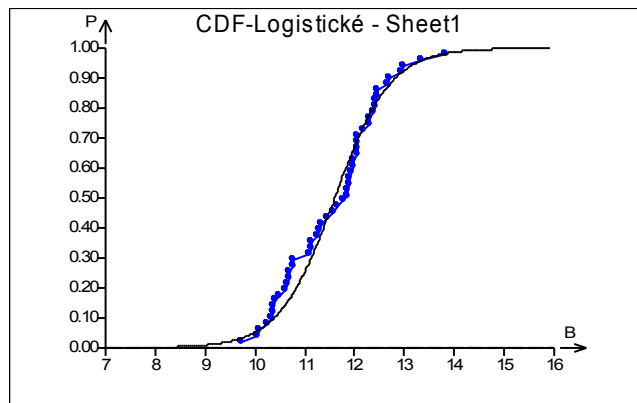
Graf 15 CDF - Cauchyho



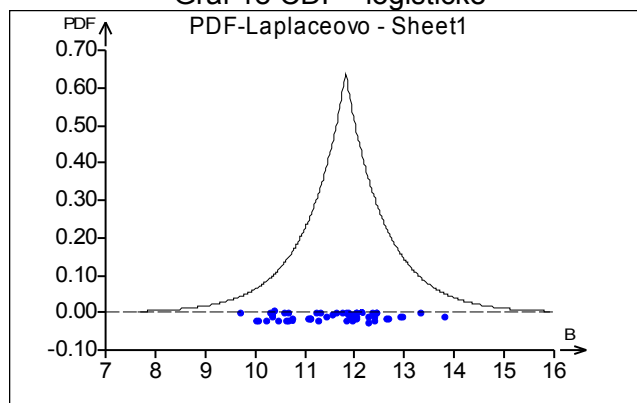
Graf 16 PDF - logistické



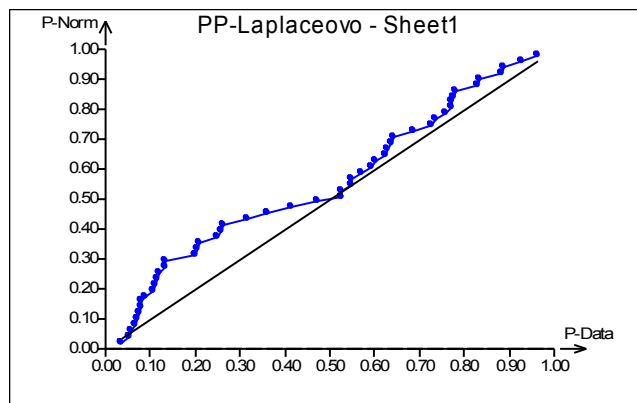
Graf 17 PP - logistické



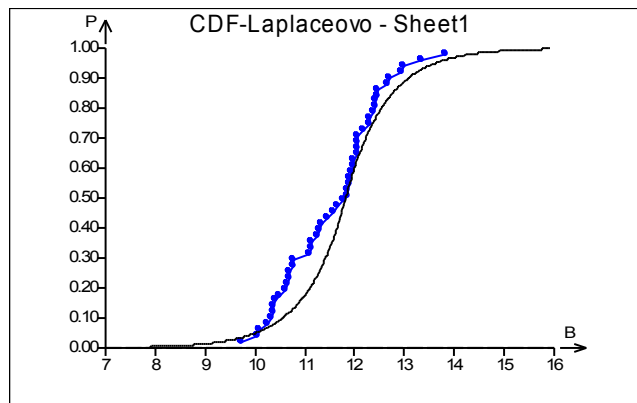
Graf 18 CDF - logistické



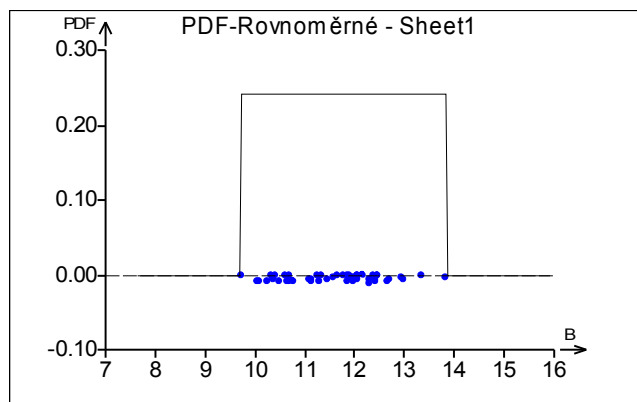
Graf 19 PDF - Laplaceovo



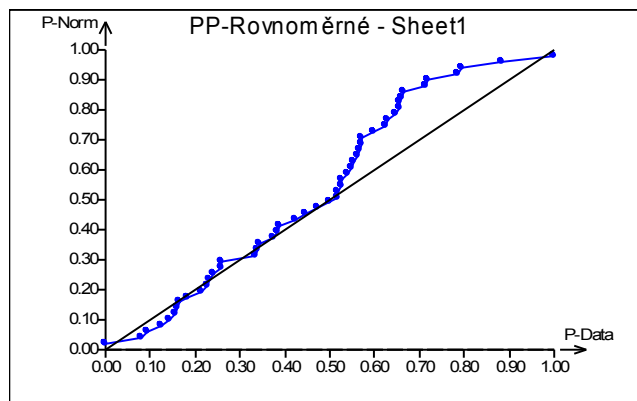
Graf 20 PP – Laplaceovo



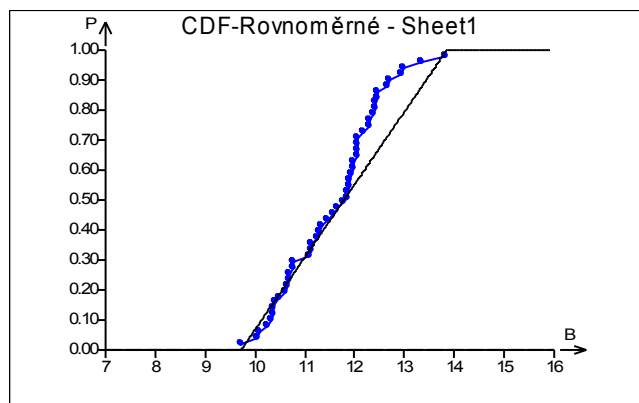
Graf 21 CDF - Laplaceovo



Graf 22 PDF – rovnoměrné



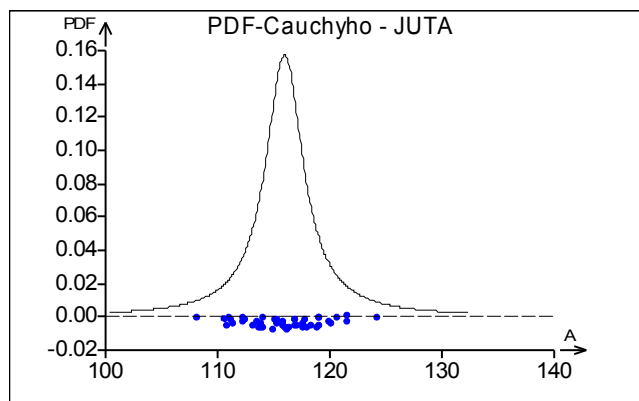
Graf 23 PP – rovnoměrné



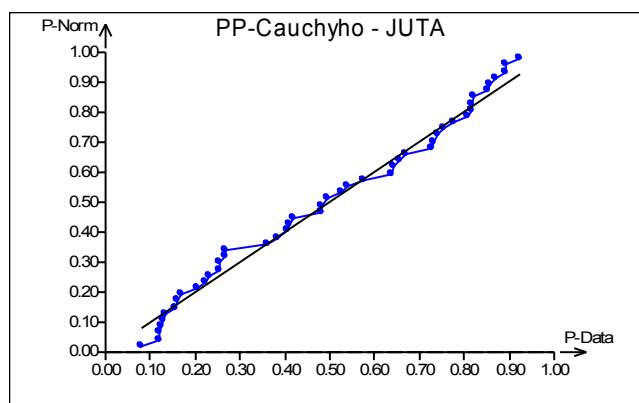
Graf 24 CDF - rovnoměrné

### Porovnání dvou výběrů JUTA – LANEX celý svazek

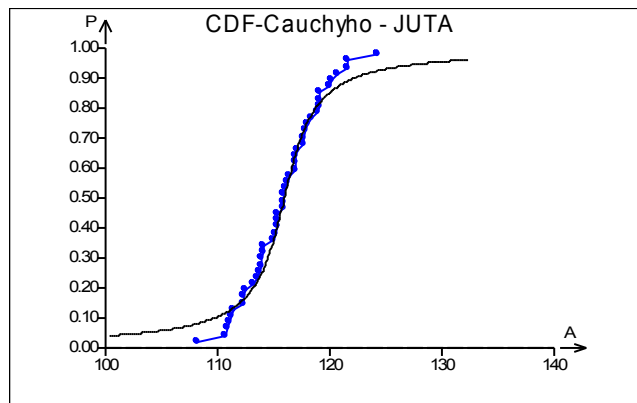
#### Pravděpodobnostní modely - metoda maximální věrohodnosti JUTA



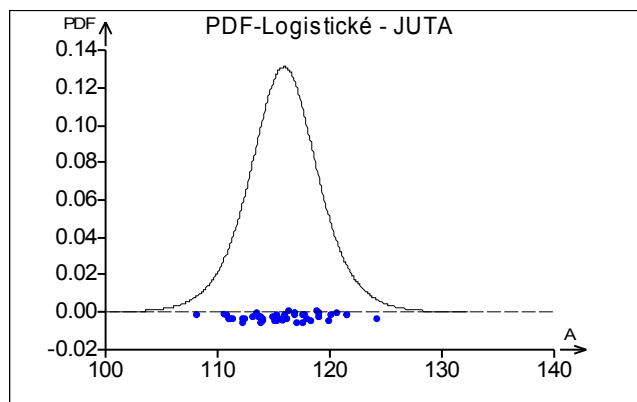
Graf 25 PDF – Cauchyho



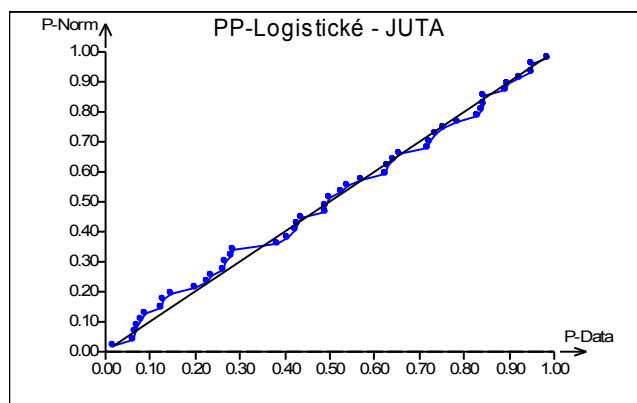
Graf 26 PP – Cauchyho



Graf 27 CDF - Cauchyho

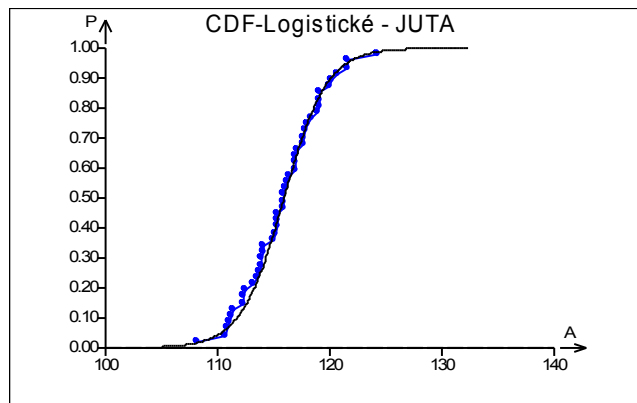


Graf 28 PDF - logistické

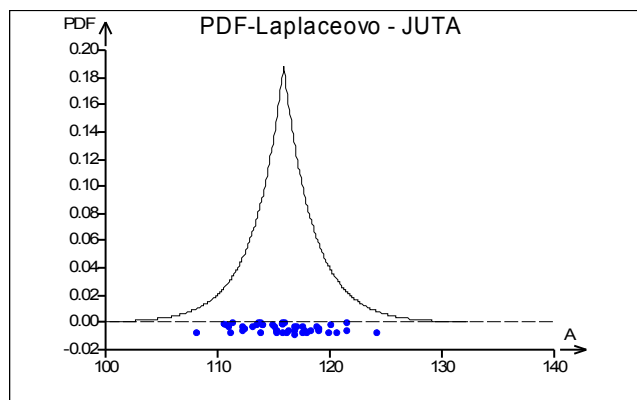


Graf 29 PP – logistické

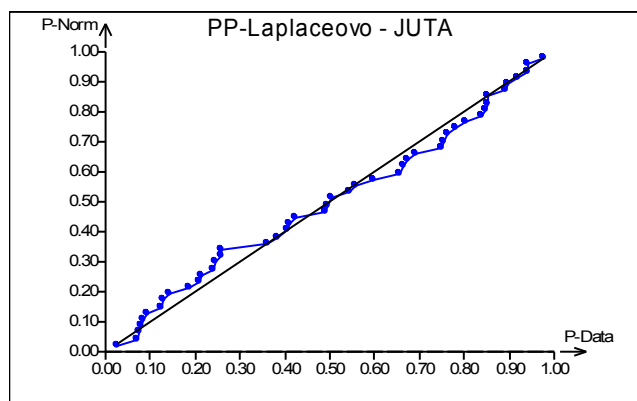




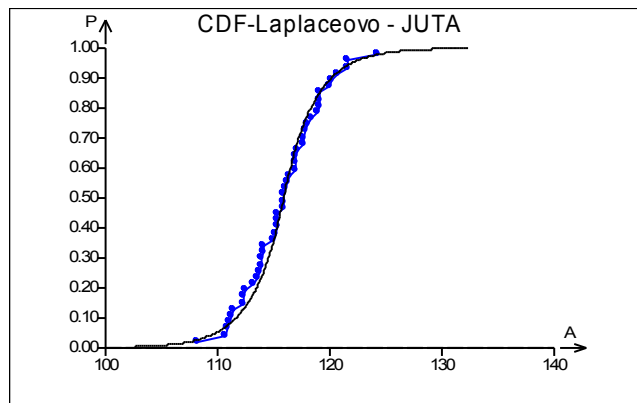
Graf 30 CDF - logistické



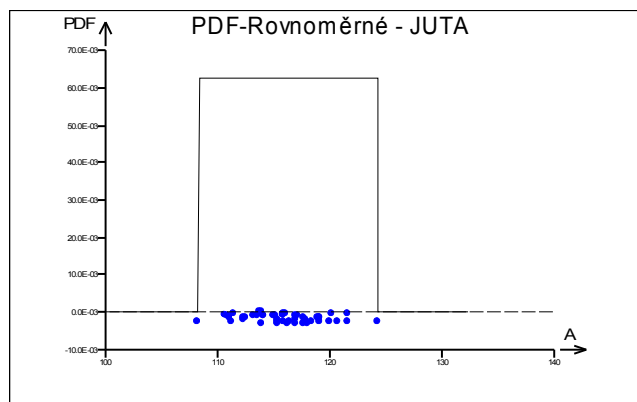
Graf 31 PDF - Laplaceovo



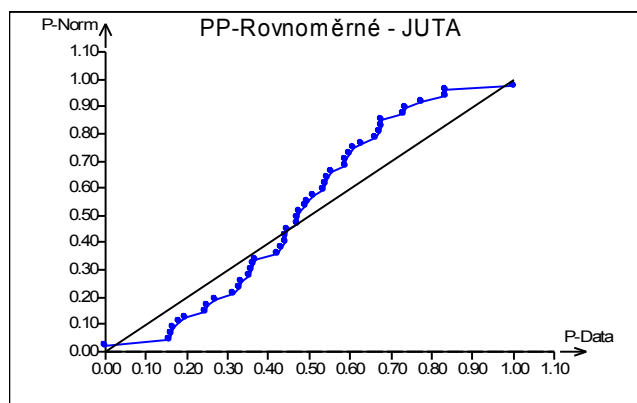
Graf 32 PP - Laplaceovo



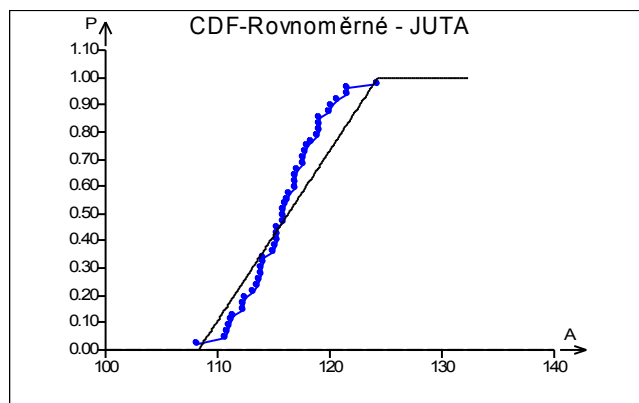
Graf 33 CDF - Laplaceovo



Graf 34 PDF – rovnoměrné

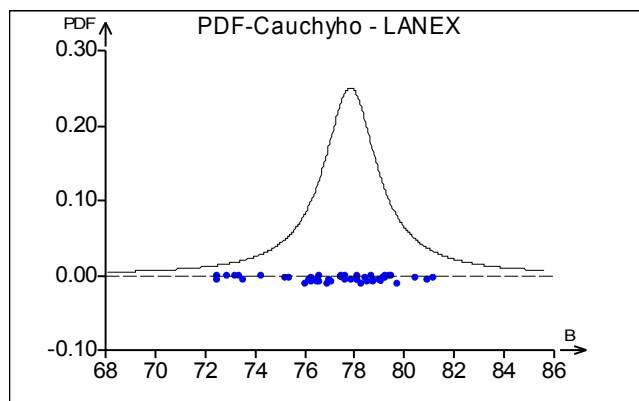


Graf 35 PP – rovnoměrné

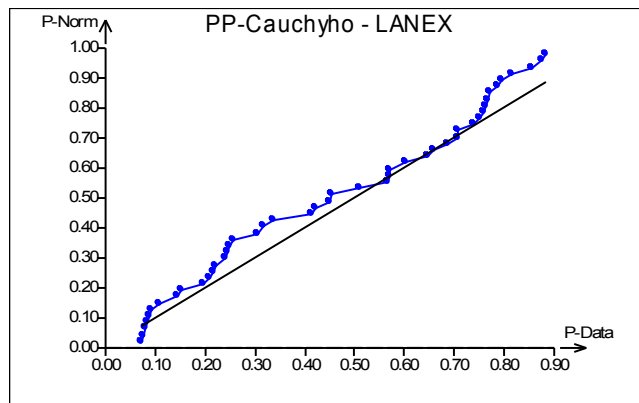


Graf 36 CDF – rovnoměrné

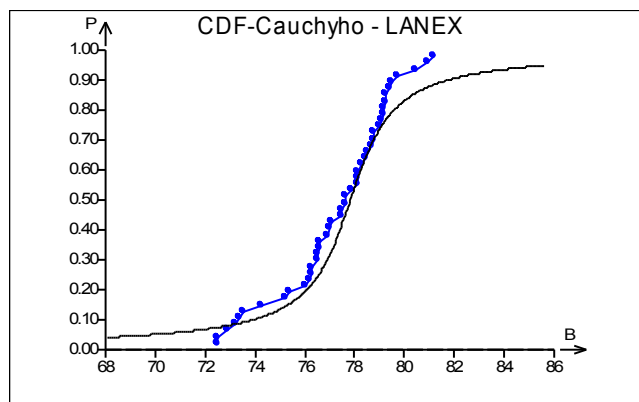
### Pravděpodobnostní modely - metoda maximální věrohodnosti L



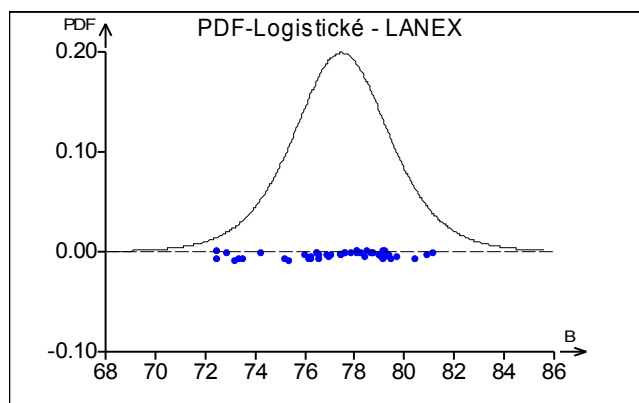
Graf 37 PDF Cauchyho



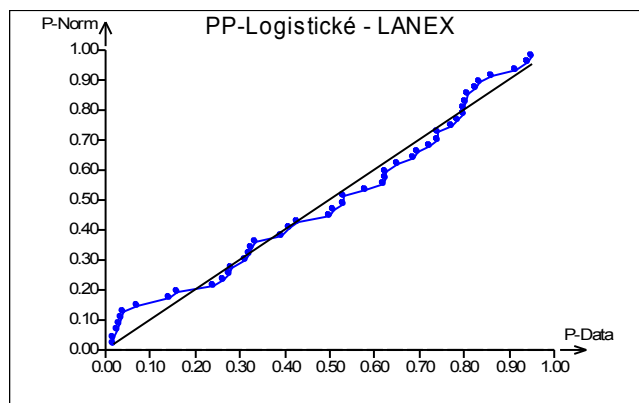
Graf 38 PP – Cauchyho



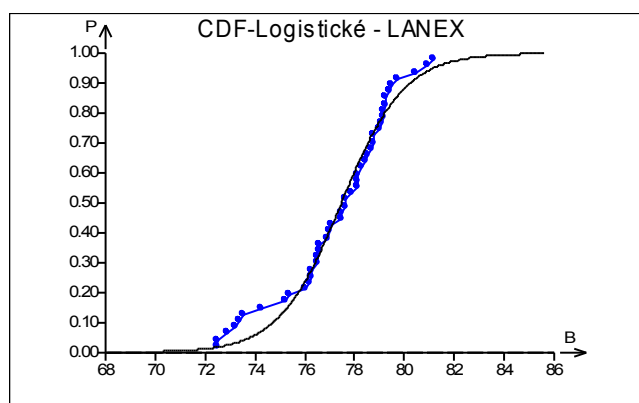
Graf 39 CDF – Cauchyho



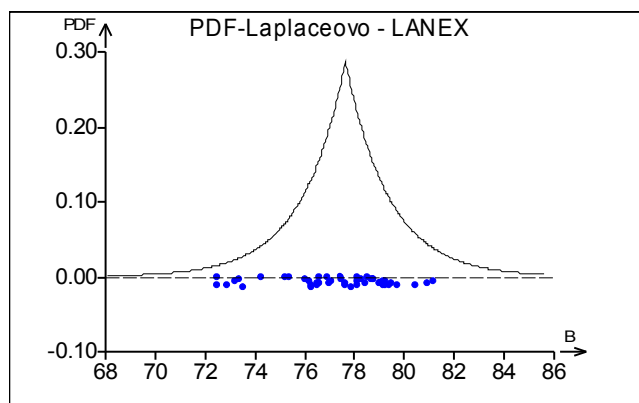
Graf 40 PDF – logistické



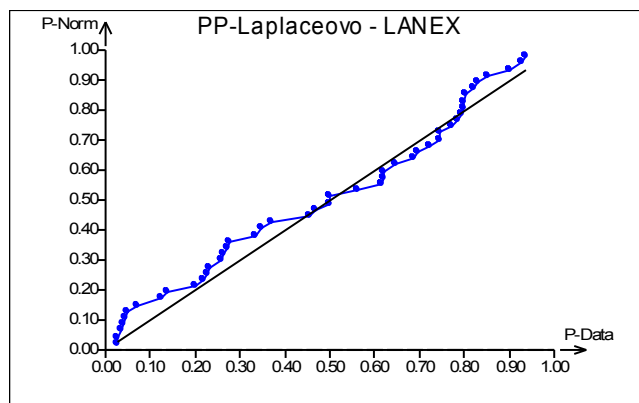
Graf 41 PP – logistické



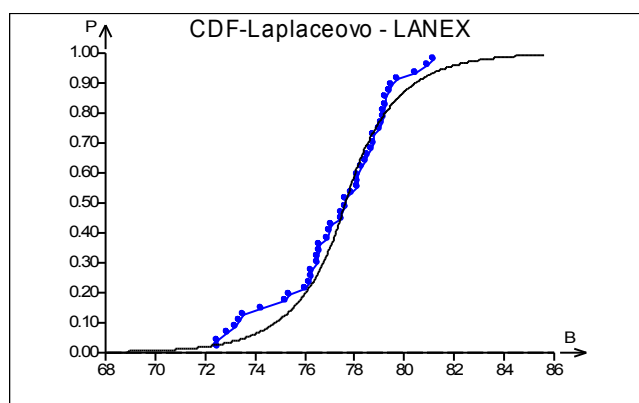
Graf 42 CDF - logistické



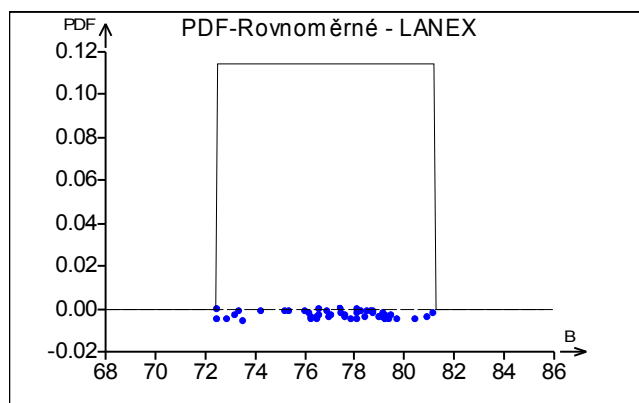
Graf 43 PDF – Laplaceovo



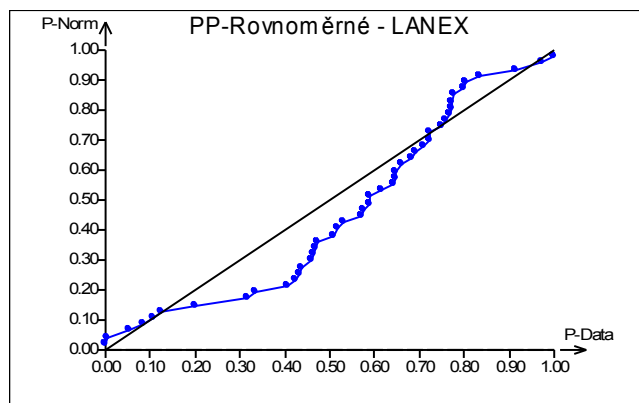
Graf 44 PP – Laplaceovo



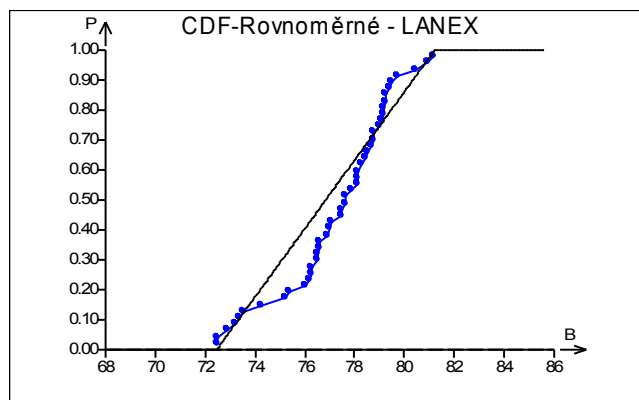
Graf 45 CDF - Laplaceovo



Graf 46 PDF - rovnoměrné



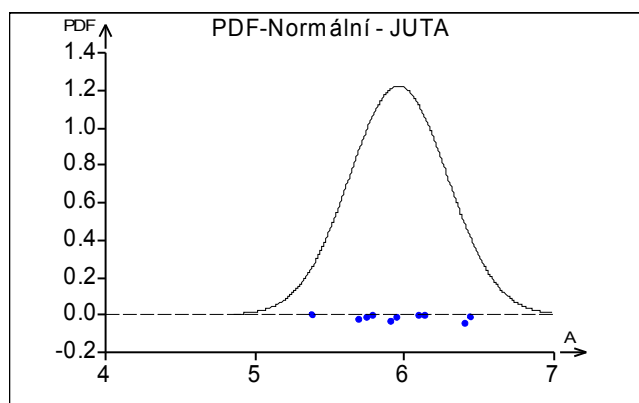
Graf 47 PP - rovnoměrné



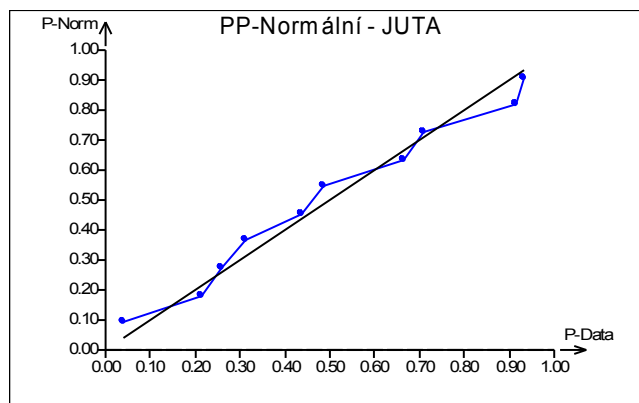
Graf 48 CDF – rovnoměrné

### Porovnání dvou výběrů J – L u ohybové tuhosti

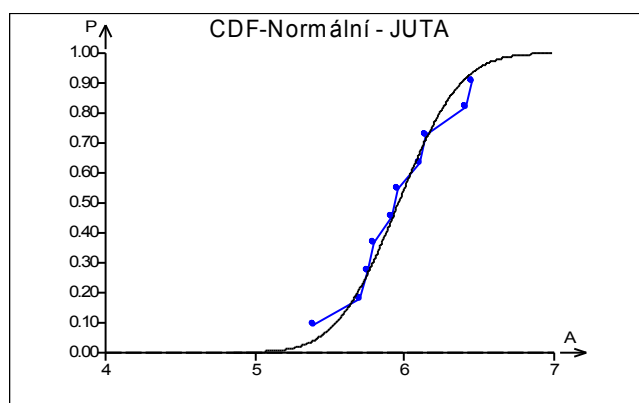
### **Pravděpodobnostní modely - metoda maximální věrohodnosti J**



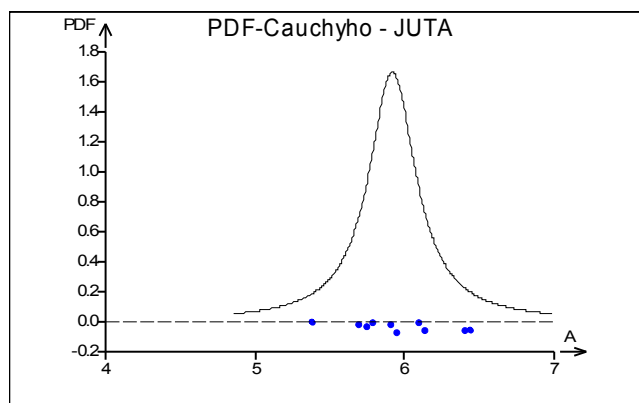
Graf 49 CDF - normální J



Graf 50 PP - normální J

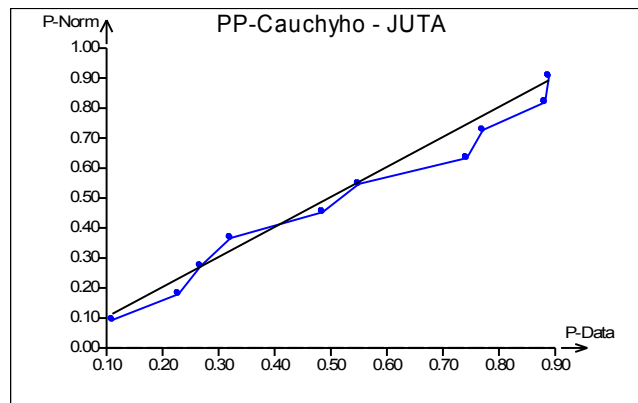


Graf 51 CDF - normální J

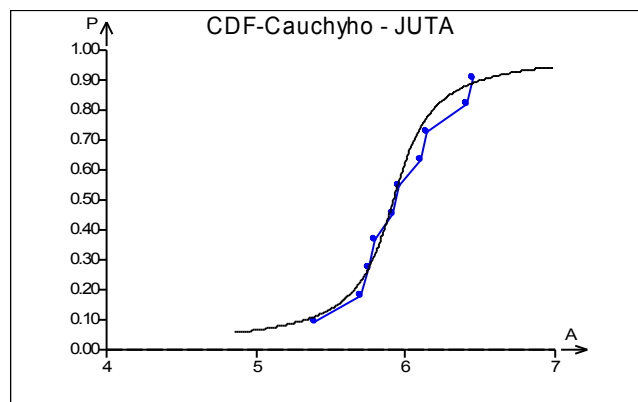


Graf 52 PDF - Cauchyho J

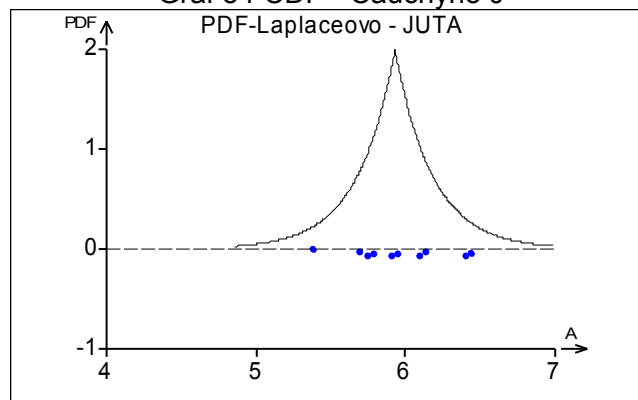




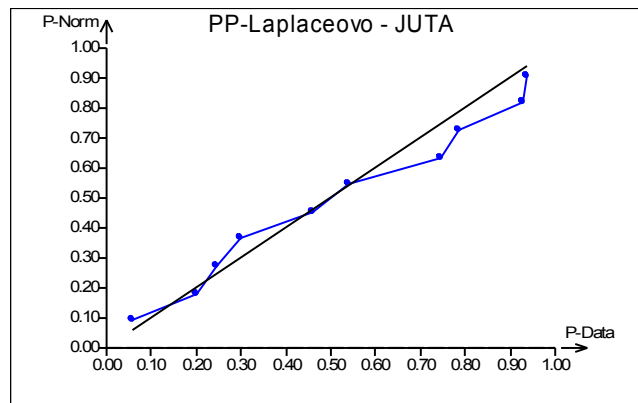
Graf 53 PP - Cauchyho J



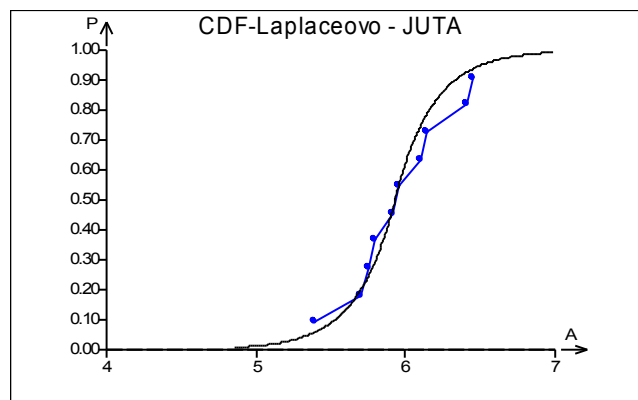
Graf 54 CDF - Cauchyho J



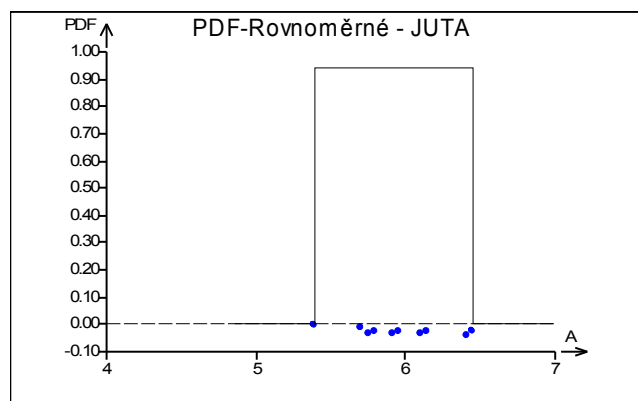
Graf 55 PDF - Laplaceovo J



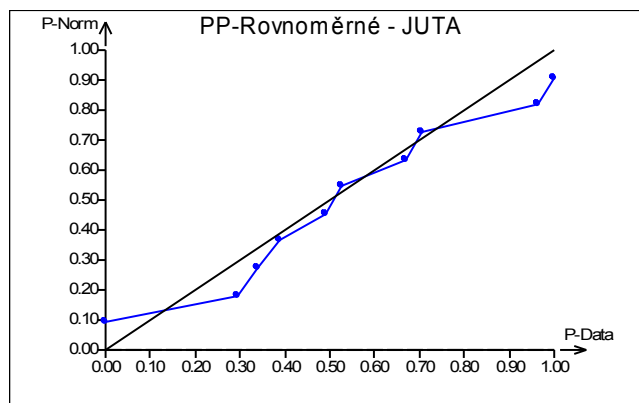
Graf 56 PP - Laplaceovo J



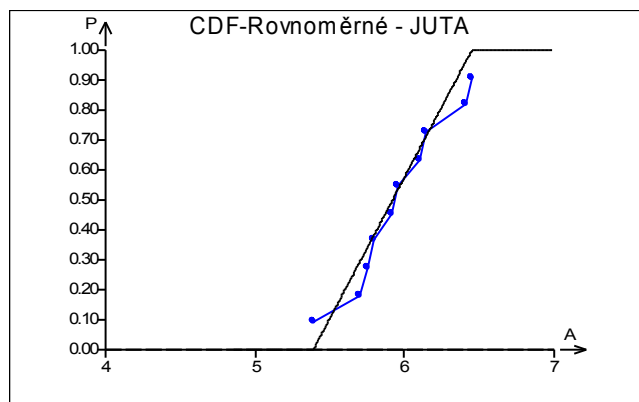
Graf 57 CDF - Laplaceovo J



Graf 58 PDF - rovnoměrné J

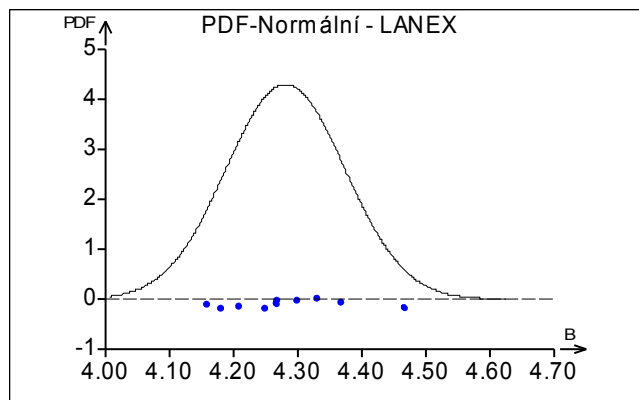


Graf 59 PP - rovnoměrné J

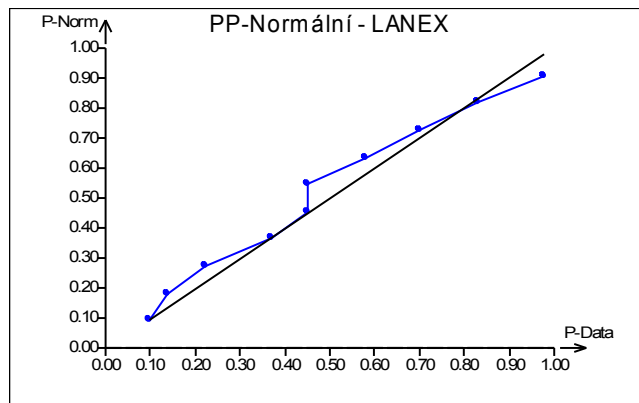


Graf 60 CDF - rovnoměrné J

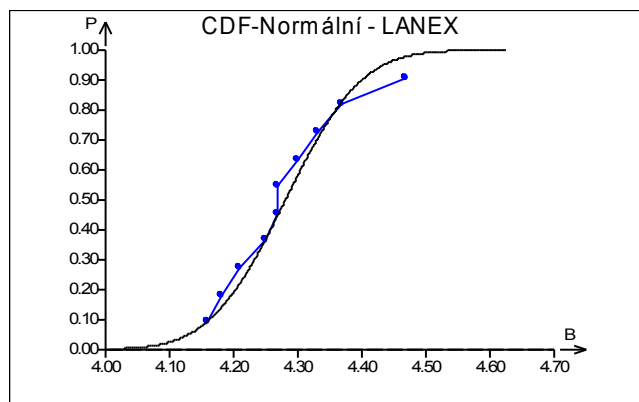
### Pravděpodobnostní modely - metoda maximální věrohodnosti L



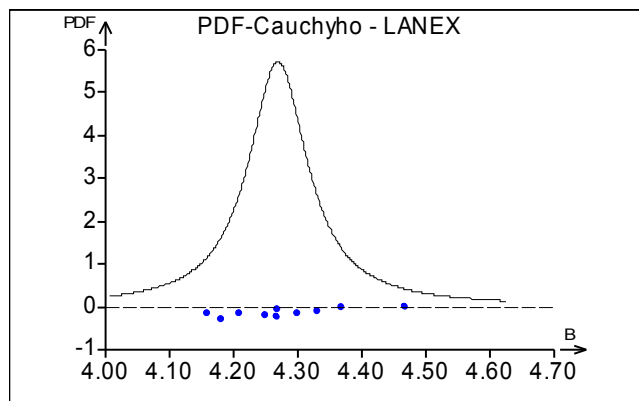
Graf 61 PDF - normální L



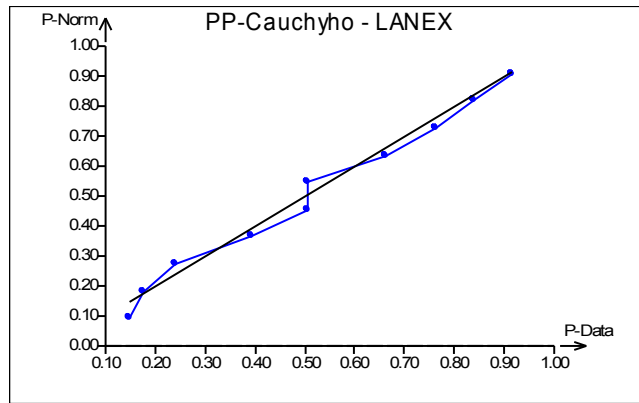
Graf 62 PP - normální L



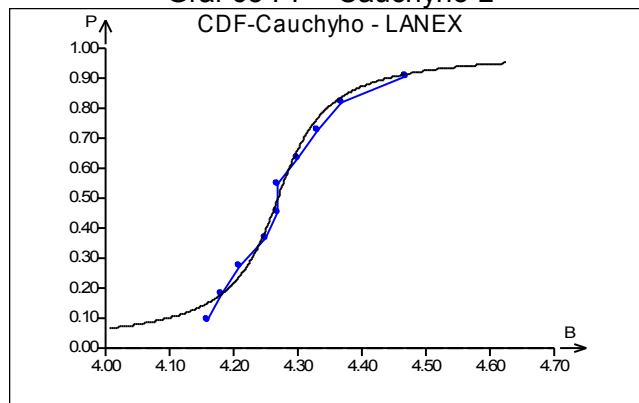
Graf 63 CDF - normální L



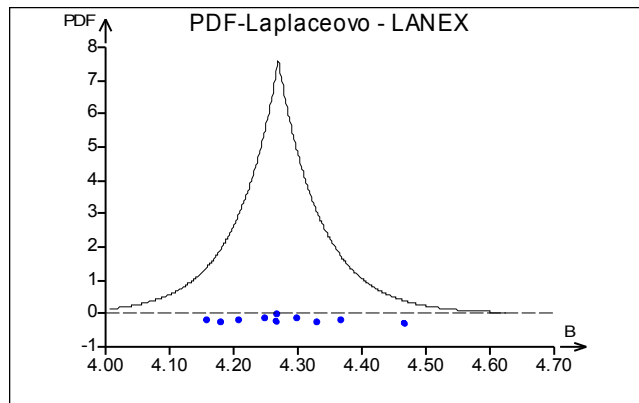
Graf 64 PDF - Cauchyho L



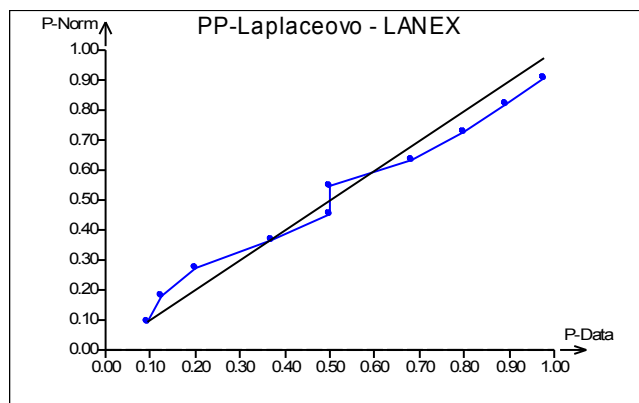
Graf 65 PP - Cauchyho L



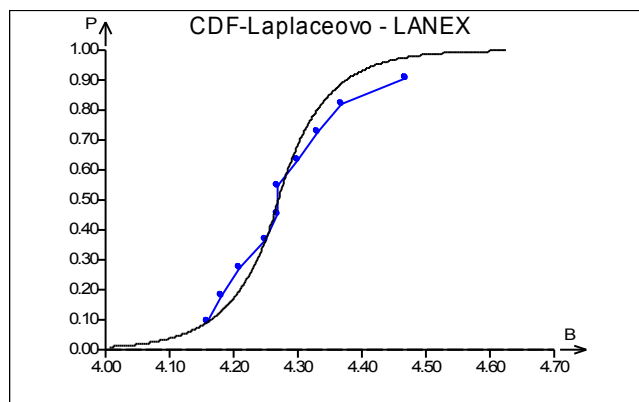
Graf 66 CDF - Cauchyho L



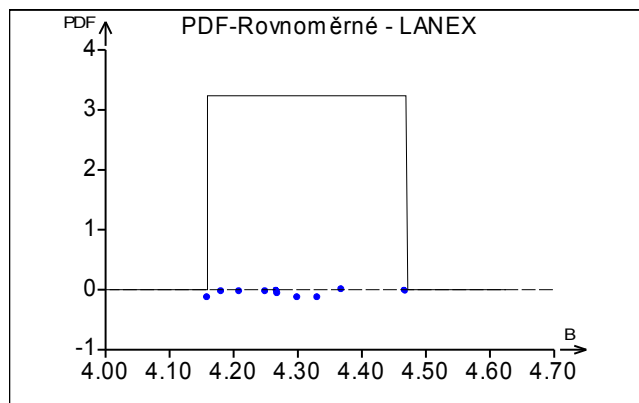
Graf 67 PDF - Laplaceovo L



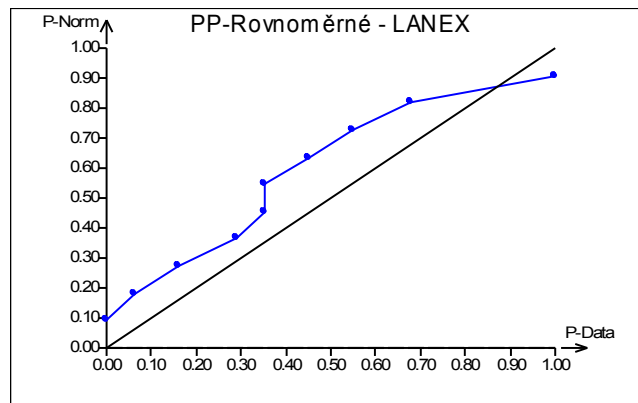
Graf 68 PP - Laplaceovo L



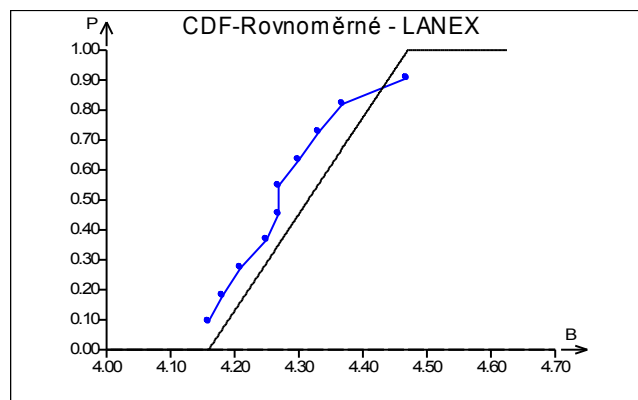
Graf 69 CDF - Laplaceovo L



Graf 70 PDF - rovnoměrné L



Graf 71 PP - rovnoměrné L



Graf 72 CDF - rovnoměrné L